

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

«30»  2020 г.

Регистрационный № УД-8474 /уч.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИГНАЛА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 01 Математика (по направлениям)

Направление специальности

1-31 03 01-01 Математика (научно-производственная деятельность)

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 03 01-2013, утвержденного 30.08.2013 № 88 и учебного плана № G31-140/уч., утвержденного 30.05.2013.

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.Л. Васильев – доцент кафедры теории функций механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

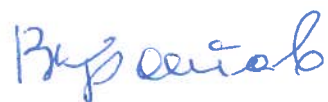
В.В. Гороховик, заведующий Отделом нелинейного и стохастического анализа Института математики Национальной Академии Наук Республики Беларусь, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Национальной Академии наук Беларуси.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теории функций механико-математического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 23.03.2020);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 4 от 25.03.2020).

Зав.кафедрой теории функций

 В.Г. Кротов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Теория сигнала является в настоящее время одним из мощных средств изучения математических моделей динамических систем и находит обширные приложения в теории фильтрации, теории информации, при расчете электрических и радиоцепей и т.д. Основными математическими моделями при этом являются системы дифференцируемых и разностных уравнений. Наиболее важным средством изучения этих моделей является операционное исчисление. Кроме того, операционное исчисление применяется при решении многих задач математики, относящихся к функциональному анализу, теории уравнений с частными производными и других ее разделов.

Особое место здесь занимает теория колец и их расширений до поля. В каждом конкретном случае соответствующее кольцо и его расширение строятся отдельно. Впервые такое построение осуществил Микусинский.

Предлагаемая дисциплина специализации «Основы теории сигнала» посвящена изучению основных операционных методов решения дифференциальных, интегральных и разностных уравнений с помощью соответствующих интегральных преобразований и на основе абстрактной схемы.

Методика, применяемая при решении указанных задач, является удобным средством изучения многих объектов, рассматриваемых в математическом и функциональном анализе, теории систем, теории сигнала и т.д.

Цели и задачи учебной дисциплины «Основы теории сигнала»:

Цель учебной дисциплины:

Ознакомление с основными понятиями и методами теории сигнала, а также с операционным исчислением.

Образовательная цель: изложение основ теории сигнала основных моделей аналоговых и дискретных фильтров.

Развивающая цель: формирование основ математического мышления, изучение алгоритмов решения задач о фильтрации системы, решение дифференциальных и разностных уравнений.

Задачи учебной дисциплины: Формирование понятия сигнала и системы;

- ✓ Формирование понятия динамической системы и фильтра;
- ✓ Использование операционного исчисления при решении задач.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Основы теории сигнала» 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.

Учебная дисциплина «Основы теории сигнала» опирается на знания, полученные при изучении дисциплин «Математический анализ» и «Теория функций комплексного переменного».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Основы теории сигнала» должно обеспечить формирование следующих 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 вырабатывать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникаций..

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

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-2. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации. Применять современные методы проектирования информационных систем, использовать веб-сервисы, оформлять техническую документацию.

ПК-3. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности и в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

ПК-4. Разрабатывать и тестировать информационные системы, осуществлять защиту приложений и данных.

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

ПК-6. Использовать и развивать современные информационные технологии и средства автоматизации управленческой деятельности.

ПК-7. Проводить исследования в области эффективности решения производственных задач.

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

ПК-9. Осуществлять выбор оптимального варианта проведения научно-исследовательских работ.

ПК-13. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям.

ПК-22. Работать с научной, технической и патентной литературой.

ПК-27. Реализовывать инновационные проекты в профессиональной деятельности.

В результате изучения учебной дисциплины «Основы теории сигнала» студент должен:

знать:

- основные понятия и результаты теории систем;
- методы построения аналоговых и дискретных фильтров;
- методы исследования разностных уравнений.

уметь:

- использовать основные результаты теории сигнала в практической деятельности;
- использовать теоретические и практические навыки теории сигнала в других разделах математики.

владеть:

- основными методами и результатами теории сигнала;
- методами расчета аналоговых и дискретных фильтров;
- методами построения операционного исчисления в аналоговых и дискретных случаях;
- навыками самообразования и способами использования аппарата теории сигнала для проведения междисциплинарных исследований.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 и 8 семестрах дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Основы теории сигнала» отведено:

— 126 часов, в том числе 72 аудиторных часа, из них:

7 семестр: всего – 64 часа, в том числе – 36 аудиторных часов, из них:
лекции – 34 часа, управляемая самостоятельная работа (аудиторный контроль) – 2 часа;

8 семестр: всего – 62 часа, в том числе – 36 аудиторных часов, из них:
лекции – 34 часа, управляемая самостоятельная работа (аудиторный контроль) – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ТЕМА 1. Сигналы и системы

Сигналы и системы.

Дискретные сигналы и системы.

Z-преобразование, дискретное преобразование Фурье и их свойства.

Аналоговые сигналы и системы.

Преобразование Фурье и их свойства.

ТЕМА 2. Восстановление цифрового сигнала по отсчетам

Сигналы бесконечной энергии.

Спектр дискретизированного сигнала. Теорема Котельникова.

Классические аналоговые и дискретные фильтры.

ТЕМА 3. Элементы теории оценивания

Основные типы оценок.

Линейные оптимальные оценки.

Интегральное уравнение Винера–Хопфа.

Фильтр Калмана. Фильтр Калмана–Бьюси.

ТЕМА 4. Решение уравнений

Решение дифференциальных уравнений

Решение разностных уравнений

ТЕМА 5. Преобразование Лапласа и его приложения к решению дифференциальных и интегральных уравнений

Преобразование Лапласа

Решение дифференциальных и интегральных уравнений

ТЕМА 6. Дискретные свертки и преобразования Лапласа и Фурье

Дискретная свертка и преобразование Фурье

Дискретная свертка и преобразование Лапласа.

ТЕМА 7. Кольца, поля. Поле отношений

Кольца, поля

Поле отношений

Тема 8. Дискретное операционное исчисление. Поле гиперпоследовательностей

Кольцо последовательностей. Поле гиперпоследовательностей.

Алгебраическое дифференцирование и интегрирование.

Решение разностных уравнений с постоянными коэффициентами.

Решение разностных уравнений с переменными коэффициентами.

ТЕМА 9. Операционное исчисление Микусинского. Гиперфункции

Кольцо функций.

Поле гиперфункций.

Решение дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Решение дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ **Дневная форма получения образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов VCR (аудиторный контроль)	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	7 семестр							
1	Сигналы и системы.	8						Проверка индивидуальных заданий
2	Восстановление цифрового сигнала по отсчетам.	8						Проверка индивидуальных заданий
3	Элементы теории оценивания.	8						Опрос, собеседование
4	Решение уравнений.	10					2	Контрольная работа
	8 семестр							
5	Преобразование Лапласа и его приложения к решению дифференциальных и интегральных уравнений.	6						Опрос, собеседование
6	Дискретные свертки и преобразования Лапласа и	6						Опрос, собеседование

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Леонтьева Т. А. Лекции по теории функций комплексного переменного. - М.: Научный мир. 2005.
2. Лунц Г.Л., Эльсгольц Л.Э. Функции комплексного переменного (с элементами операционного исчисления). — М.: Лань, 2002.
3. Свешников А. Г., Тихонов А. Н. Теория функций комплексной переменной: Учеб.: Для вузов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
4. Сиберт У.М. – Цепи, сигналы, системы: В 2-х частях: Ч.1.– М.: Мир, 1988.
5. Сиберт У.М. – Цепи, сигналы, системы: В 2-х частях: Ч.2.– М.: Мир, 1988.

Перечень дополнительной литературы

1. Диткин В.А., Прудников А.П. Операционное исчисление // СМБ, М., 1966. – С. 54-71.
2. Брычков Ю.А., Прудников А.П., Шишков В.С. Операционное исчисление // СМБ, М., 1979, т.16. – С. 99-148.
3. Иосида К. Операционное исчисление: теория гиперфункций. – Мн.: Университетское, 1989. – 168 с.
4. Гахов Ф.Д., Черский Ю.И. Уравнения типа свертки. – М., 1978. – 296 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Контроль освоения навыков учебной дисциплины «Основы теории сигнала» осуществляется в форме опросов, собеседований, проверки индивидуальных заданий, контрольных работ.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Основы теории сигнала» учебным планом предусмотрен зачет в 8 семестре.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

- опросы, собеседования – 20 %;
- проверка индивидуальных заданий – 40 %;
- контрольные работы – 40 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов Вес оценка по текущей успеваемости составляет 50 %, экзаменационная оценка – 50 %.

**Примерный перечень заданий
для управляемой самостоятельной работы студентов**

Тема 4. Решение уравнений (2ч)

1. Дать определение кольца функций и поля гиперфункций.
2. Сформулировать теорему о свертке.
3. Определить гиперфункции, соответствующие функциям
 $t^n, e^{-at}, \sin bt$.
4. В поле гиперфункций решить дифференциальные уравнения.
5. В поле гиперфункций решить систему дифференциальных уравнений.
(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 9. Операционное исчисление Микусинского. Гиперфункции (2ч)

1. Дать определение банахова модуля e_r^{mxm} .
2. Сформулировать теорему об алгебраической матрицанте.
3. Пусть $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. Вычислите e^A .
4. С помощью алгебраического матрицанта решить матричное разностное уравнение.
5. Решить матричное разностное уравнение с коммуникативными коэффициентами.
(Форма контроля – контрольная работа).

**Описание инновационных подходов и
методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используется **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**

При изучении учебной дисциплины «Основы теории сигнала» следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме дисциплины;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка к лекциям;

– работы, предусматривающие подготовку отчетов по индивидуальным заданиям.

Тем самым, имеется в виду постепенное превращение обучения в самообучение, когда магистрант должен получать знания главным образом за счет креативной самостоятельной работы, самостоятельно осуществляя поиск необходимой информации и созидательно прорабатывая ее с тем, чтобы выполнить необходимые умозаключения и получить результаты.

В этом случае, выполняя учебные задачи, студенты самостоятельно приобретают новые знания, навыки и умения (в частности, умение анализировать и принимать решения в нестандартных ситуациях), что очень важно для эффективной будущей самостоятельной профессиональной деятельности.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Сигналы и системы.
2. Дискретные сигналы и системы.
3. Z-преобразование, дискретное преобразование Фурье и их свойства.
4. Аналоговые сигналы и системы.
5. Преобразование Фурье и их свойства.
6. Сигналы бесконечной энергии.
7. Спектр дискретизированного сигнала. Теорема Котельникова.
8. Классические аналоговые и дискретные фильтры.
9. Решение дифференциальных уравнений
10. Решение разностных уравнений
11. Преобразование Лапласа
12. Решение дифференциальных и интегральных уравнений
13. Дискретная свертка и преобразование Фурье
14. Дискретная свертка и преобразование Лапласа.
15. Кольца, поля
16. Поле отношений
17. Кольцо последовательностей. Поле гиперпоследовательностей.
18. Алгебраическое дифференцирование и интегрирование.
19. Решение разностных уравнений с постоянными коэффициентами.
20. Решение разностных уравнений с переменными коэффициентами.
21. Кольцо функций.
22. Поле гиперфункций.
23. Решение дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.
24. Решение дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами.

Другая значимая информация

Примерные задания для самостоятельной работы студентов

Тема 1. Сигналы и системы

1. Дать определение аналоговой линейной инвариантной системы.

2. Сформулировать теорему о свертке для преобразования Лапласа.
 3. Используя равенство Парсеваля, вычислить интеграл.
 4. С помощью преобразования Лапласа решить дифференциальные уравнения
 5. С помощью преобразования Лапласа решить системы дифференциальных уравнений.
- (Форма контроля – проверка индивидуальных заданий).

Тема 2. Восстановление цифрового сигнала по отсчетам

1. Дать определение дискретной линейной инвариантной системы.
2. Сформулировать теорему Котельникова.
3. Пусть

$$(a_k) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k e^{ik\theta} = A(\theta).$$

Найти F
 $F\{\overline{a_k}\}, F\{a_{-k}\}, F\{a_k b_k\}$

4. Найти решения бесконечных алгебраических систем.
 5. Восстановить сигналы по отсчетам.
- (Форма контроля – проверка индивидуальных заданий).

Тема 7. Кольца, поля. Поле отношений.

1. Дать определение алгебры гиперпоследовательностей.
 2. Сформулировать теорему об ограниченности оператора свертки в e_p .
 3. Пусть a, b – последовательности. Доказать $e^{a+b} = e^a + e^b$.
 4. Методом Лъенара-Шипара исследовать разрешимость разностного уравнения.
- (Форма контроля – проверка индивидуальных заданий).

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)
1.			
2.			

**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 _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
