

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Цифровая обработка сигналов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составили:

В.Г. Потапов, канд. техн. наук

А.А. Крещук, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем передачи информации и анализа данных 20.04.2020

Аннотация

В данном курсе изучаются теоретические основы анализа и проектирования цифровых фильтров. Данный класс фильтров широко используется не только для обработки радиосигналов, но и для обработки звука и изображений.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами избранных глав теории передачи сигналов.

Задачи дисциплины

- фундаментальная подготовка студентов в теории передачи сигналов;
- построение у студентов навыков применения методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов в синтезе и анализе телекоммуникационных сетей и систем;
- оказание консультаций студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований телекоммуникационных сетей и систем.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и утверждения теории передачи сигналов;
- основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов.

уметь:

- строить математические модели процессов в телекоммуникационных сетях и системах;
- применять методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов при построении и анализе характеристик системы связи.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач в области телекоммуникационных сетей и систем.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Передача сигнала.	2			1
2	Дискретизация и квантование.	12			6
3	Цифровые фильтры.	16			8
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Передача сигнала.

Типы сигналов: аналоговые, дискретные и цифровые. Классификация систем: линейные, стационарные, устойчивые, детерминированные и без памяти. Линейные стационарные системы. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами. Преобразование Фурье дискретных сигналов и его свойства.

2. Дискретизация и квантование.

Дискретизация сигналов и спектров. Восстановление узкополосного сигнала по его отсчетам. Дискретная обработка непрерывных сигналов и непрерывная обработка дискретных сигналов. Цифровая обработка аналоговых сигналов. Шум квантования. Представление чисел в фиксированной и плавающей точке. Линейные цепи [Теория линейных стационарных систем (Linear time-invariant system theory)]. Z-преобразование и его свойства. Область сходимости. Обратное Z-преобразование. Свойства Z-преобразования, представленного рациональной функцией.

3. Цифровые фильтры.

Анализ фильтров. Комплексная частотная характеристика систем с рациональной характеристической функцией. Все пропускающие системы. Минимально-фазовые системы. Линейные системы с обобщенной линейной фазой.

Сигнальный потоковый граф линейных разностных уравнений с постоянными коэффициентами. Основные структуры БИХ систем: прямые формы, каскадная и параллельная формы. Транспонированные формы. Основные структуры КИХ систем. Квантование коэффициентов. Шумы округления в цифровых фильтрах.

Синтез фильтров. Проектирование дискретных БИХ-фильтров, основанное на непрерывных фильтрах. Разработка КИХ-фильтров оконным методом. Оптимальная аппроксимация КИХ фильтров.

Интерполяция и децимация. Интерполяционные полиномы. СИС фильтры. Фильтры Найк-квиста. Формирование спектра. Вычисление сложных функций через аппроксимации: CORDIC, полиномиальный метод. Дискретное Преобразование Фурье. БПФ. Алгоритмы Гёрцеля и Винограда.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доской.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Харкевич А.А. Борьба с помехами. М.: Физматгиз, 1963. – 276 с.
2. Возенкрафт Дж., Джекобс И. Теоретические основы техники связи // Пер. с англ. М.: Мир, 1969. – 640 с.
3. Рабинер Л. и Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978. — 848 с.

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Simon S. Haykin. Adaptive filter theory. 4th Edition, Prentice Hall, 2002.
2. Simon Haykin, Michael Moher. Communication Systems. Wiley, 1978.
3. Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer. Discrete-time signal processing. 2 edition. Prentice Hall, 1999. – 870 с.
4. John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis. Digital signal processing. 4th Edition. Prentice Hall, 2007. – 1084 с.
5. Richard E. Blahut. Fast Algorithms for Signal Processing. Cambridge University Press, 2010. – 453 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://www.dsplib.ru/>

http://www.mathworks.com/help/toolbox/comm/ug/comm_ug_collection.html

<http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общими понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и утверждения теории передачи сигналов, основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы студента. В программе курса отведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, решение задач;
- подготовка к дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

В.Г. Потапов, канд. техн. наук

А.А. Крещук, канд. техн. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия и утверждения теории передачи сигналов;
- основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов.

уметь:

- строить математические модели процессов в телекоммуникационных сетях и системах;
- применять методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов при построении и анализе характеристик системы связи.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач в области телекоммуникационных сетей и систем.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В середине курса проходит коллоквиум, проверяющий знания по темам дискретных сигналов, их спектров и основных типов дискретных систем.

Во второй половине курса даётся домашнее задание, заключающееся в приёме модулированного речевого сигнала.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов к дифференцированному зачёту:

1. Передача сигнала.
2. Дискретизация сигналов и спектров. Шум квантования.
3. Представление чисел в фиксированной и плавающей точке.
4. Линейные цепи.
5. Z-преобразование.
6. Анализ фильтров.
7. Синтез фильтров.
8. Интерполяция и децимация. Интерполяционные полиномы. СИС фильтры.
9. Фильтры Найквиста. Формирование спектра.
10. Вычисление сложных функций через аппроксимации. CORDIC, полиномиальный метод.
11. Дискретное Преобразование Фурье.
12. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).
13. Дискретное Преобразование Фурье.
14. Алгоритмы Гёрцеля и Винограда.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.