

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра оптических информационных технологий

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Теория и преобразование сигналов в оптических системах

Образовательная программа: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, профиль:
Оптико-электронные приборы и системы в фотонике

Курс: 3, семестр : 5

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	5
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	83
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	36
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	36
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	9
10	Самостоятельная работа, час.	97
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

ФГОС введен в действие приказом №958 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 07.10.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ОИТ, протокол заседания кафедры №_____ от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Дубнищев Ю. Н.

Заведующий кафедрой:

д.т.н. Лабусов В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заместитель заведующего кафедрой Дубнищев Ю. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения:
у3. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; в части следующих результатов обучения:
у1. анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики
Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов; в части следующих результатов обучения:
у1. применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Теория и преобразование сигналов в оптических системах</i>	
ПК.1.у1 анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	
1.о линейном пространстве сигналов и его свойствах;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
2.о спектральной плотности сигнала, прямом и обратном преобразованиях Фурье и их свойствах;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
3.о динамическом представлении сигналов;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.у1 применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	
4.о методах корреляционного анализа сигналов;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
5.об основных характеристиках линейных систем, описывающих преобразование сигналов в координатном и частотном пространствах;	Лекции; Практические занятия
ПК.1.у1 анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	
6.о свойствах пространства как линейной оптической системы;	Лекции; Самостоятельная работа
7.об основных методах фурье-оптики;	Лекции; Самостоятельная работа
8.о гауссовых пучках и их преобразовании линейными оптическими системами;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
9.о свойствах сигналов с ограниченным спектром;	Лекции; Практические занятия
ПК.2.у1 применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	
10.о разложении сигналов по базису Котельникова;	Лекции; Практические занятия
11.о преобразовании Гильберта и о методах гильберт-оптики;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

12.о преобразовании цилиндрически симметричных сигналов линейными оптическими системами;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
13.об акустооптических методах преобразования сигналов;	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.1.у3 уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач	
14.о методах оптической фильтрации.	Лекции; Практические занятия

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Представление сигналов в координатном пространстве.				
1. Понятие о сигнале. Сигналы в оптических системах. Линейное пространство и его структура. Ортогональные сигналы и обобщенные ряды Фурье. Оптимальное разложение по ортогональному базису.	1	1	1, 2, 3	студенты знакомятся с основными понятиями о сигналах
2. Комплексная форма ряда Фурье. Динамическое представление сигналов через функцию включения. Функция Хевисайда. Дельта-функция и её свойства.	1	1	1, 2, 3	студенты знакомятся с динамическим представлением сигналов
Дидактическая единица: Представление сигналов в частотном пространстве.				
3. Спектральные представления сигналов. Преобразование Фурье и его свойства. Спектральная плотность сигнала.	2	2	2	студенты знакомятся с спектральным представлением сигналов
Дидактическая единица: Корреляционные и энергетические характеристики сигналов.				
5. Обобщенная формула Рэлея. Взаимная спектральная плотность сигналов. Взаимный энергетический спектр. Энергетический спектр сигнала. Функция автокорреляции и её свойства.	1	1	4	студенты знакомятся с взаимной спектральной плотностью сигналов
6. Связь между энергетическим спектром сигнала и его автокорреляционной функцией. Взаимная корреляционная функция сигналов и её свойства. Связь взаимной корреляционной функции со взаимной спектральной плотностью.	1	1	4	студенты знакомятся с корреляционными характеристиками сигналов
Дидактическая единица: Понятие о линейных системах.				

7. Взаимодействие сигналов на линейные системы. Физические системы и их математические модели. Понятие о системных операторах. Стационарные и нестационарные системы. Импульсная характеристика.	2	2	2, 5	студенты знакомятся с основными понятиями о линейных системах
8. Условия физической реализуемости системы. Переходная характеристика. Частотная передаточная функция (частотный коэффициент передачи) системы. Связь частотной передачи функции и импульсного отклика.	1	1	2, 5	студенты изучают Условия физической реализуемости системы
9. Ограничения, накладываемые на частотную передаточную функцию системы. Автокорреляционная характеристика (функция) системы и её связь с частотным коэффициентом передачи по мощности.	1	1	2, 5	студенты изучают частотную передаточную функцию системы
Дидактическая единица: Понятие о линейных оптических системах.				
10. Пространственные и угловые спектры оптических волновых полей. Угловой спектр. Пространственная частота. Частотная передаточная функция и импульсный отклик свободного пространства. Приближение Френеля.	2	2	2, 5, 6	студенты изучают Пространственные и угловые спектры оптических волновых полей
11. Линейная оптическая система. Импульсный отклик линейной оптической системы. Импульсный отклик тонкой линзы. Условие формирования изображения. Пространственная инвариантность линейных оптических систем	2	2	5, 7	студенты знакомятся с Линейная оптическая система
Дидактическая единица: Оптическое преобразование Фурье.				
12. Построение пространственно-инвариантных линейных систем (на примере тонкой линзы). Фурье-плоскости тонкой линзы. Импульсный отклик тонкой линзы. Точное Фурье-преобразование.	2	2	5, 7	студенты знакомятся с основами преобразования Фурье
13. Фурье-преобразование с изменяемым масштабом: 1) входная плоскость - между линзой и задней Фурье-плоскостью, являющейся плоскостью регистрации сигнала; 2) освещение транспаранта сферической волной.	2	2	2, 5, 7	студенты знакомятся с Фурье-преобразование с изменяемым масштабом

14. Обратное преобразование Фурье в оптике. Оптический анализатор спектра. Фильтрация оптических сигналов в пространственно-частотной плоскости.	1	1	2, 5, 7	студенты знакомятся с Обратное преобразование Фурье
15. Дифференцирование и интегрирование сигналов. Структура оптического процессора. Дуальность оптических систем.	1	1	2, 5, 7	студенты изучают основы Дифференцирование и интегрирование сигналов
Дидактическая единица: Гауссовы пучки.				
16. Гауссовы пучки. Основные параметры. Распространение гауссовых пучков в свободном пространстве. Преобразование гауссовых пучков тонкой линзой. Оптические резонаторы.	2	2	8, 9	студенты знакомятся с гауссовыми пучками
Дидактическая единица: Сигналы с ограниченным спектром.				
17. Сигналы с ограниченным спектром. Принцип неопределенности. Идеальный низкочастотный (НЧ) сигнал. Оценка энергии, амплитуды и производной для сигналов с ограниченным спектром.	2	2	4, 9	студенты изучают Сигналы с ограниченным спектром
18. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром. Построение ортонормированного базиса. Ряд Котельникова. Функция отсчетов. Теорема Котельникова. Синтез сигналов, представляемых рядом Котельникова.	1	1	10, 2, 9	студенты изучают Ортогональные сигналы с ограниченным спектром
19. Размерность пространства сигналов, ограниченных по спектру и длительности. Представление информационной структуры сигнала. Число полных степеней свободы сигнала.	1	1	10, 2, 9	студенты знакомятся с Размерность пространства сигналов
Дидактическая единица: Преобразование Гильберта.				
20. Преобразование Гильберта в оптике. Виды гильберт-преобразования для двумерных оптических сигналов. Преобразования Гильберта в координатном и частотном пространствах.	1	1	11, 9	студенты знакомятся с Преобразованием Гильберта
21. Гильберт-фильтрация в частотной области. Преобразования Фуко-Гильберта. Метод фазового контраста. Изотропное преобразование Гильберта.	1	1	11, 9	студенты знакомятся с Гильберт-фильтрация
Дидактическая единица: Преобразование Ганкеля.				

22. Преобразование Ганкеля. Обратное преобразование Ганкеля. Свойства преобразования Ганкеля (изменение масштаба, дифференцирование, теорема о свёртке, формула Парсеваля). Преобразование Ганкеля круговых и кольцевых сигналов. Принцип неопределенности.	2	2	12, 9	студенты знакомятся с Преобразование Ганкеля
Дидактическая единица: Акустооптические преобразования световых сигналов.				
24. Дифракция Рамана-Ната. Дифракция Брэгга. Акустооптические модуляторы (бегущие и стоячие волны). Акустооптические методы корреляции сигналов.	2	2	13, 9	студенты изучают акустооптическую дифракцию
Дидактическая единица: Оптическая фильтрация сигналов.				
26. Оптическая согласованная фильтрация сигналов. Частотная передаточная функция согласованного оптического фильтра. Импульсный отклик согласованного оптического фильтра.	2	2	14, 9	студенты знакомятся с Оптическая согласованная фильтрация сигналов
27. Выходной сигнал при согласованной фильтрации. Фильтр Ван-дер-Люгта. Понятие об оптических системах распознавания образов. Оптические корреляторы.	2	2	14, 9	студенты изучают Понятие об оптических системах распознавания образов

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Представление сигналов в координатном пространстве.				
1. Сигнал и его свойства. Динамические представления сигналов во времени и пространстве.	0	2	1, 2, 3, 4	использует понятия нормы, энергии скалярного произведения; разложения сигналов в ряд Фурье; динамические представления сигналов через функцию включения;
Дидактическая единица: Представление сигналов в частотном пространстве.				
2. Фурье-преобразование сигнала и его свойства.	0	2	2, 5	приобретает опыт спектральных преобразований различных сигналов с использованием свойств Фурье-преобразования;
Дидактическая единица: Корреляционные и энергетические характеристики сигналов.				

3. Энергетические и корреляционные характеристики сигналов.	0	2	2, 3, 4	решает задачи с использованием обобщенной формулы Рэлея, энергетического спектра и автокорреляционной функции; взаимного энергетического спектра и взаимно-корреляционной функции сигнала;
Дидактическая единица: Понятие о линейных системах.				
4. Линейные системы и их свойства.	0	2	2, 5	приобретает умение пользоваться понятиями: импульсный отклик; переходная характеристика; частотный коэффициент передачи; анализировать физическую реализуемость системы;
Дидактическая единица: Понятие о линейных оптических системах.				
5. Линейное преобразование оптических сигналов слоем пространства в приближении Френеля и Фраунгофера.	0	2	2, 5, 8	использует понятия: импульсный отклик и когерентная передаточная функция свободного пространства; приобретает навыки исследования дифракционных явлений методами теории линейных систем;
6. Импульсный отклик и когерентная передаточная функция тонкой линзы.	0	2	2, 5, 8	осваивает умение определять характеристики линзы как линейной оптической системы при различном взаимном расположении входной и выходной плоскостей;
Дидактическая единица: Оптическое преобразование Фурье.				
7. Оптические преобразования, фурье-преобразования и их свойства.	0	2	5, 9	использует понятия прямого и обратного фурье-преобразования, закрепляет умение определять фурье-спектры различных одномерных и двумерных сигналов, используя линзовый спектральный анализатор;
8. Дифференцирование и интегрирование оптических сигналов.	0	2	2, 9	использует оптическую фильтрацию для дифференцирования и интегрирования оптических сигналов;
9. Оптическое преобразование Фурье с переменным масштабом.	0	2	2, 9	приобретает умение синтезировать оптические схемы для оптического преобразования Фурье с заданным масштабом;
Дидактическая единица: Гауссовы пучки.				
10. Преобразование гауссовых пучков слоем пространства тонкой линзой.	0	2	10, 9	использует характеристики свободного пространства и линзы как линейных систем;

Дидактическая единица: Сигналы с ограниченным спектром.				
11. Оценка энергии, амплитуды, производной интегралов и базы сигналов с ограниченным спектром.	0	2	11, 4	исследует методы преобразования и оценки сигналов с ограниченным спектром в координатном и частотном пространствах, а также об информационном обосновании принципа неопределенности;
12. Разложение оптических сигналов в ряд Котельникова в координатном и частотном пространствах.	0	2	12, 2, 9	Использует понятие о функции отсчета, информационных диаграммах и степенях свободы сигналов;
Дидактическая единица: Преобразование Гильберта.				
13. Преобразование Гильберта оптических сигналов в координатном и частотном пространствах.	0	4	11, 9	использует понятие о преобразовании Гильберта и его свойствах в координатном и частотном пространствах, изотропном преобразовании Гильберта амплитудных и фазовых сигналов;
Дидактическая единица: Преобразование Ганкеля.				
14. Преобразование Ганкеля оптических сигналов.	0	4	14, 9	использует основные свойства цилиндрических функций, связь преобразований Ганкеля и Фурье;
Дидактическая единица: Акустооптические преобразования световых сигналов.				
15. Акустооптические преобразования световых сигналов.	0	2	14	приобретает навыки применения акустооптических процессов для преобразования световых сигналов с заданными характеристиками;
Дидактическая единица: Оптическая фильтрация сигналов.				
16. Оптическая согласованная фильтрация.	0	2	14	использует понятия согласованной фильтрации оптических сигналов, формирования фильтров Ван дер Люгта и методов построения оптических корреляторов;

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Контрольные работы	6, 7, 8	32	0
: Дубнищев Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров 200200 (551900) - Опотехника и направлению подготовки дипломированных специалистов 654000 - Опотехника / Ю. Н. Дубнищев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 402 с. : ил.				
2	РГЗ	1, 2, 3	15	0
: Дубнищев Ю. Н. Колебания и волны : Учебное пособие / Ю. Н. Дубнищев; Новосиб гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 323 с. : ил.				
3	Подготовка к занятиям	2, 3	40	0

Просмотр лекций, подготовка к практическим занятиям: Дубнищев Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров 200200 (551900) - Оптотехника и направлению подготовки дипломированных специалистов 654000 - Оптотехника / Ю. Н. Дубнищев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 402 с. : ил.				
4	Дополнительная учебная деятельность	11, 12, 13	0	0
: Дубнищев Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров 200200 (551900) - Оптотехника и направлению подготовки дипломированных специалистов 654000 - Оптотехника / Ю. Н. Дубнищев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 402 с. : ил.				
5	Подготовка к аттестации	2, 3, 4	10	9
из решений задач и ответов на вопросы проверяются знания и умения в соответствии с указанными целями: Дубнищев Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров 200200 (551900) - Оптотехника и направлению подготовки дипломированных специалистов 654000 - Оптотехника / Ю. Н. Дубнищев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 402 с. : ил.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Контроль	ЭБС
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Лекция в форме дискуссии	ОПК.1; ПК.1; ПК.2;
Формируемые умения: у1. анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; у1. применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов; у3. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач		
Краткое описание применения: Постоянный контакт со студентами во время лекций через обсуждение материала		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 5		

Лекция:	0	
Практические занятия:	5	10
Контрольные работы:	12	25
РГЗ:	12	25
Экзамен:	0	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.1	у3. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач	+		+
ПК.1	у1. анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	+	+	+
ПК.2	у1. применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов		+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов: Учебное пособие для вузов / О.В. Головин. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 783 с.: ил.; 70x100 1/16. (обложка) ISBN 978-5-9912-0196-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=333203> - Загл. с экрана.
2. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника". - М., 2006. - 719 с. : ил.
3. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков. - М., 2005. - 462 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике : [монография] / А. Папулис ; пер. с англ. под ред. В. И. Алексеева. - М., 1971. - 495 с. : табл., схемы
2. Френкс Л. Теория сигналов / Л. Френкс. - М., 1974. - 343 с.
3. Сороко Л. М. Гильберт-оптика : [монография] / Л. М. Сороко. - М., 1981. - 159 с. : ил.
4. Сороко Л. М. Основы голографии и когерентной оптики : [монография] / Л. М. Сороко. - М., 1971. - 616 с. : ил.
5. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. В 2 т.. Т. 1. Основные принципы и классические методы / Ж. Макс ; пер. с фр. А. Ф. Горюнова, А. В. Крянева ; под ред. Н. Г. Волкова. - М., 1983. - 311 с. : ил., табл., схемы
6. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. В 2 т.. Т. 2. Техника обработки сигналов. Применения. Новые методы / Ж. Макс ; пер. с фр. Ю. В. Пятков [и др.] ; под ред. Н. Г. Волкова. - М., 1983. - 256 с. : ил., табл., схемы
7. Кольер Р. Оптическая голография / Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. пер. с англ. под ред. Ю. И. Островского. - М., 1973. - 686 с.

8. Джеррард А. Введение в матричную оптику : пер. с англ. / А. Джеррард, Дж. М. Бёрч. - М., 1978. - 341 с. : ил.
9. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров / Андре Анго ; с предисл. Луи де Бройля, пер. с фр. под общ. ред. К. С. Шифрина. - М., 1965. - 778, [1] с. : табл., граф., схемы
10. Гудмен Д. Введение в Фурье-оптику / Дж. Гудмен ; пер. с англ. В. Ю. Галицкого и М. П. Головея ; под ред. Г. И. Косоурова. - М., 1970. - 364 с. : ил., граф., схемы

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Дубнищев Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров 200200 (551900) - Оптотехника и направлению подготовки дипломированных специалистов 654000 - Оптотехника / Ю. Н. Дубнищев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 402 с. : ил.
2. Дубнищев Ю. Н. Колебания и волны : Учебное пособие / Ю. Н. Дубнищев; Новосиб гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 323 с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Mozilla Firefox
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	для демонстрации лекционного материала

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра оптических информационных технологий

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория и преобразование сигналов в оптических системах

Образовательная программа: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, профиль: Оптико-электронные приборы и системы в фотонике

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине преобразование сигналов в оптических системах приведена в Таблице.

Теория и

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	у3. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач	Акустооптические преобразования световых сигналов. Выходной сигнал при согласованной фильтрации. Фильтр Ван-дер-Люгта. Понятие об оптических системах распознавания образов. Оптические корреляторы. Оптическая согласованная фильтрация. Оптическая согласованная фильтрация сигналов. Частотная передаточная функция согласованного оптического фильтра. Импульсный отклик согласованного оптического фильтра.	Контрольные работы	Экзамен, вопросы 1-8
ПК.1/НИ способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	у1. анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	Взаимодействие сигналов на линейные системы. Физические системы и их математические модели. Понятие о системных операторах. Стационарные и нестационарные системы. Импульсная характеристика. Гауссовы пучки. Основные параметры. Распространение гауссовых пучков в свободном пространстве. Преобразование гауссовых пучков тонкой линзой. Оптические резонаторы. Гильберт-фильтрация в частотной области. Преобразования Фуко-Гильберта. Метод фазового контраста. Изотропное преобразование Гильберта. Дифференцирование и интегрирование сигналов. Структура оптического процессора. Дуальность оптических систем. Импульсный отклик и когерентная передаточная функция тонкой линзы. Комплексная форма ряда Фурье. Динамическое представление сигналов через функцию включения. Функция Хевисайда. Дельта-функция и её свойства. Линейная оптическая система. Импульсный отклик линейной оптической системы. Импульсный отклик тонкой линзы. Условие формирования изображения. Пространственная инвариантность линейных оптических систем Линейное преобразование оптических сигналов слоем пространства в приближении Френеля и Фраунгофера. Линейные	Контрольные работы, РГЗ все разделы.	Экзамен, вопросы 7-13

		системы и их свойства. Обратное преобразование Фурье в оптике. Оптический анализатор спектра. Фильтрация оптических сигналов в пространственно-частотной плоскости. Ограничения, накладываемые на частотную передаточную функцию системы. Автокорреляционная характеристика (функция) системы и её связь с частотным коэффициентом передачи по мощности. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром. Построение ортонормированного базиса. Ряд Котельникова. Функция отсчетов. Теорема Котельникова. Синтез сигналов, представляемых рядом Котельникова. Понятие о сигнале. Сигналы в оптических системах. Линейное пространство и его структура. Ортогональные сигналы и обобщенные ряды Фурье. Оптимальное разложение по ортогональному базису. Построение пространственно-инвариантных линейных систем (на примере тонкой линзы). Фурье-плоскости тонкой линзы. Импульсный отклик тонкой линзы. Точное Фурье-преобразование. Преобразование Ганкеля. Обратное преобразование Ганкеля. Свойства преобразования Ганкеля (изменение масштаба, дифференцирование, теорема о свёртке, формула Парсеваля). Преобразование Ганкеля круговых и кольцевых сигналов. Принцип неопределенности. Преобразование Гильберта в оптике. Виды гильберт-преобразования для двумерных оптических сигналов. Преобразования Гильберта в координатном и частотном пространствах. Пространственные и угловые спектры оптических волновых полей. Угловой спектр. Пространственная частота. Частотная передаточная функция и импульсный отклик свободного пространства. Приближение Френеля. Разложение оптических сигналов в ряд Котельникова в координатном и частотном пространствах. Размерность пространства сигналов, ограниченных по спектру и длительности. Представление информационной структуры сигнала. Число полных степеней свободы сигнала. Сигнал и его свойства. Динамические представления сигналов во времени и пространстве. Сигналы с ограниченным спектром. Принцип неопределенности. Идеальный низкочастотный (НЧ) сигнал. Оценка энергии, амплитуды и производной для сигналов с ограниченным спектром.		
--	--	---	--	--

		Спектральные представления сигналов. Преобразование Фурье и его свойства. Спектральная плотность сигнала. Условия физической реализуемости системы. Переходная характеристика. Частотная передаточная функция (частотный коэффициент передачи) системы. Связь частотной передачи функции и импульсного отклика. Фурье-преобразование с изменяемым масштабом: 1) входная плоскость - между линзой и задней Фурье-плоскостью, являющейся плоскостью регистрации сигнала; 2) освещение транспаранта сферической волной. Фурье-преобразование сигнала и его свойства. Энергетические и корреляционные характеристики сигналов.		
ПК.2/НИ готовность к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	у1. применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	Взаимодействие сигналов на линейные системы. Физические системы и их математические модели. Понятие о системных операторах. Стационарные и нестационарные системы. Импульсная характеристика. Гильберт-фильтрация в частотной области. Преобразования Фуко-Гильберта. Метод фазового контраста. Изотропное преобразование Гильберта. Дифракция Рамана-Ната. Дифракция Брэгга. Акустооптические модуляторы (бегущие и стоячие волны). Акустооптические методы корреляции сигналов. Линейная оптическая система. Импульсный отклик линейной оптической системы. Импульсный отклик тонкой линзы. Условие формирования изображения. Пространственная инвариантность линейных оптических систем. Обобщенная формула Рэлея. Взаимная спектральная плотность сигналов. Взаимный энергетический спектр. Энергетический спектр сигнала. Функция автокорреляции и её свойства. Обратное преобразование Фурье в оптике. Оптический анализатор спектра. Фильтрация оптических сигналов в пространственно-частотной плоскости. Ограничения, накладываемые на частотную передаточную функцию системы. Автокорреляционная характеристика (функция) системы и её связь с частотным коэффициентом передачи по мощности. Оптические преобразования, Фурье-преобразования и их свойства. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром. Построение ортонормированного базиса. Ряд Котельникова. Функция	все РГЗ	Экзамен, вопросы 1-7

		отсчетов. Теорема Котельникова. Синтез сигналов, представляемых рядом Котельникова. Оценка энергии, амплитуды, производной интегралов и базы сигналов с ограниченным спектром. Построение пространственно-инвариантных линейных систем (на примере тонкой линзы). Фурье-плоскости тонкой линзы. Импульсный отклик тонкой линзы. Точное Фурье-преобразование. Преобразование Ганкеля. Обратное преобразование Ганкеля. Свойства преобразования Ганкеля (изменение масштаба, дифференцирование, теорема о свёртке, формула Парсеваля). Преобразование Ганкеля круговых и кольцевых сигналов. Принцип неопределенности. Преобразование Гильберта в оптике. Виды гильберт-преобразования для двумерных оптических сигналов. Преобразования Гильберта в координатном и частотном пространствах. Разложение оптических сигналов в ряд Котельникова в координатном и частотном пространствах. Размерность пространства сигналов, ограниченных по спектру и длительности. Представление информационной структуры сигнала. Число полных степеней свободы сигнала. Связь между энергетическим спектром сигнала и его автокорреляционной функцией. Взаимная корреляционная функция сигналов и её свойства. Связь взаимной корреляционной функции со взаимной спектральной плоскостью. Сигнал и его свойства. Динамические представления сигналов во времени и пространстве. Сигналы с ограниченным спектром. Принцип неопределенности. Идеальный низкочастотный (НЧ) сигнал. Оценка энергии, амплитуды и производной для сигналов с ограниченным спектром. Условия физической реализуемости системы. Переходная характеристика. Частотная передаточная функция (частотный коэффициент передачи) системы. Связь частотной передачи функции и импульсного отклика. Фурье-преобразование с изменяемым масштабом: 1) входная плоскость - между линзой и задней Фурье-плоскостью, являющейся плоскостью регистрации сигнала; 2) освещение транспаранта сферической волной. Энергетические и корреляционные характеристики сигналов.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Теория и преобразование сигналов в оптических системах», 5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: из приведенного ниже списка выбирается два вопроса. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Теория и преобразование сигналов в оптических системах»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при

ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 30 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория и преобразование сигналов в оптических системах»

1. Понятие о сигнале. Виды сигналов. Динамическое представление сигналов через функцию включения. Функция Хевисайда. Дельта -функция и её свойства.
2. Спектральные представления сигналов. Преобразование Фурье. Спектральная плотность сигнала. Обратное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье. Линейность. Спектральная плотность сигнала, смещённого во времени (теорема смещения). Зависимость спектральной плотности сигнала от выбора масштаба измерения времени. Спектральная плотность производной, интеграла. Спектральная плотность произведения сигналов. Спектральная плотность -функции комплексного экспоненциального сигнала, гармонических колебаний, произвольного периодического сигнала. Спектральная плотность функции включения, видеопульса и радиопульса.
3. Обобщённая формула Рэлея (равенство Парсеваля). Взаимная спектральная плотность сигналов. Взаимный энергетический спектр. Энергетический спектр сигнала.
4. Элементы корреляционного анализа сигналов. Функция автокорреляции и её свойства. Функция автокорреляции неограниченно-протяжённого сигнала. Связь между энергетическим спектром сигнала и его автокорреляционной функцией. Взаимная корреляционная функция сигналов и её свойства. Связь взаимной корреляционной функции с взаимной спектральной плотностью.
5. Воздействие сигналов на линейные системы. Физические системы и их математические модели. Понятие о системных операторах. Стационарные и нестационарные системы. Импульсная характеристика (импульсный отклик). Интеграл Дюамеля. Условия физической реализуемости системы. Переходная характеристика. Частотная передаточная функция (частотный коэффициент передачи) системы. Связь частотной передаточной функции и импульсного отклика. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Ограничения, накладываемые на частотную передаточную функцию системы. Основная формула спектрального анализа линейных систем. Многокаскадные системы. Геометрическая интерпретация процесса преобразования сигналов в линейной системе. Угол между векторами входного и выходного сигналов. Частотный коэффициент передачи системы по мощности. Автокорреляционная характеристика (функция) системы и её связь с частотным коэффициентом передачи по мощности.
6. Пространственные и угловые спектры оптических волновых полей. Угловой спектр. Пространственная частота. Частотная передаточная функция и импульсный отклик свободного пространства. Приближение Френеля. Приближение Фраунгофера.
7. Линейная оптическая система. Импульсный отклик линейной оптической системы. Импульсный отклик тонкой линзы. Условие формирования изображения. Пространственная инвариантность линейных оптических систем. Построение пространственно-инвариантных линейных систем (на примере тонкой линзы). Фурье-плоскости тонкой линзы. Импульсный отклик тонкой линзы в случаях: входная и выходная плоскости произвольны; входная - задняя фурье-плоскость, входная - произвольная плоскость перед линзой; входная и выходная плоскости являются, соответственно, передней и задней фурье-плоскостями. Точное фурье-преобразование. Фурье-преобразование с изменяемым масштабом: 1) входная плоскость - между линзой и задней фурье-плоскостью, являющейся плоскостью регистрации сигнала; 2) освещение транспаранта сферической волной. Обратное преобразование Фурье в оптике. Оптический анализатор спектра. Фильтрация оптических сигналов в пространственно-частотной плоскости. Дифференцирование и интегрирование сигналов. Структура оптического процессора.

8. Преобразование Ганкеля. Обратное преобразование Ганкеля. Свойства преобразования Ганкеля. Обобщённое преобразование Ганкеля.
9. Оптическая фильтрация сигналов. Частотная передаточная функция согласованного оптического фильтра. Импульсный отклик согласованного оптического фильтра. Выходной сигнал при согласованной фильтрации. Фильтр Ван дер Люгта. Селекция оптических сигналов с применением фильтра Ван дер Люгта. Понятие об оптических системах распознавания образов. Инверсная фильтрация. Согласованно-избирательная фильтрация.
10. Принцип неопределенности для одномерных и двумерных сигналов. Соотношения неопределенностей.
11. Преобразования Гильберта и его свойства. Преобразование Гильберта от узкополосного сигнала. Огибающая, полная фаза и мгновенная частота. Аналитический сигнал (АС). Спектральная плотность АС.
12. Преобразования Гильберта в оптике. Виды гильберт-преобразования для двумерных оптических сигналов. Преобразования Гильберта в координатном и пространственно-частотном пространствах. Гильберт-фильтрация в частотной области. Фазовый фильтр Гильберта (фазовый нож). Нож Фуко. Двумерные преобразования Гильберта и Фуко-Гильберта. Преобразования Гильберта и Фуко-Гильберта для фазовых сигналов. Изотропное преобразование Гильберта.
13. Когерентное фотоэлектрическое преобразование сигналов. Сравнение фотосмещения и прямого фотодетектирования.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теория и преобразование сигналов в оптических системах», 5 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по Колебания и волны, включает 5 заданий.

Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если решено меньше 3 задач и отсутствует решение в двух. Оценка составляет **10** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если решены три задачи. Оценка составляет **13** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если решены четыре задачи. Оценка составляет **17** баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если решены все задачи. Оценка составляет **25**баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

1. Маятниковые и электронные часы на поверхности Земли показывают одинаковое время. Сравните показания этих часов за сутки в случаях, когда они подняты на высоту 1 км и опущены на глубину 1 км.
2. Упругий мячик движется вертикально под действием силы тяжести, отскакивая от горизонтального стола. Нарисовать график зависимости смещения от времени и фазовый портрет колебаний.
3. Частица массы m находится в одномерном силовом поле, где её потенциальная энергия зависит от координаты x как $U(x)=U_0(1-\cos ax)$, где U_0 и a – положительные постоянные. Найти период малых колебаний частицы около положения равновесия.
4. Определить положительную мощность вынужденных колебаний, $\langle P \rangle / \langle P \rangle_{\max}$, как функцию добротности осциллятора.
5. Для резонансного обнаружения малых вынуждающих сил используется кристалл сапфира, добротность которого $Q=10^9$ и частота собственных колебаний $\omega_0=10^4$ Гц. Определить время, в течение которого в монокристалле устанавливаются стационарные колебания с момента воздействия вынуждающей силы.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теория и преобразование сигналов в оптических системах», 5 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны исследовать сигнал, представленный в задании.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ сигнала и рассчитать характеристики его преобразования.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 9 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 18 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 25 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Исследовать возможность физической реализации сигнала с корреляционной функцией: $K_s(\tau) = \cos\left(\frac{2\pi}{T}\tau\right) \left[\sigma\left(\tau + \frac{T}{4}\right) - \sigma\left(\tau - \frac{T}{4}\right) \right]$.
2. В передней фурье-плоскости тонкой положительной линзы помещён транспарант, пропускание которого описывается функцией

$$t(x_0, y_0) = \left\{ \exp\left[-\alpha(x_0 - a)^2\right] + \exp\left[-\alpha(x_0 + a)^2\right] \right\} \exp(-\beta y_0^2).$$

Транспарант освещается параллельным световым пучком с длиной волны λ . Фокусное расстояние линзы f , апертура бесконечная. Найти фурье-спектр оптического сигнала. Определить интенсивность фурье-спектра сигнала.

3. Найти преобразование Ганкеля оптического сигнала $s(r) = s_0 \exp(j\alpha r^2)$.

4. Найти когерентную передаточную функцию согласованного фильтра для сигнала $s(x, y) = \cos(K_0 x) [\sigma(x - a) - \sigma(x + a)] e^{-j\alpha x}$.
5. Сигнал сформирован в виде транспаранта с коэффициентом пропускания $\tau(x, y) = \frac{1}{2}(1 + \cos K_0 x)$. Выходной сигнал формируется в плоскости изображения линзой диаметром $2r$ и фокусным расстоянием f с коэффициентом увеличения, равным единице. Сравнить максимальные пространственные частоты, пропущенные системой при когерентном и некогерентном освещении.
6. Оптическая система выполняет двумерное преобразование Гильберта. Найти гильберт-образ $\hat{s}(x, y)$ входного сигнала $s(x, y) = A \cos^2(K_0 x - \varphi) \sin(K_0 y)$.
7. Найти когерентно-передаточную функцию фильтра для согласованной фильтрации сигнала $s(x, y) = [\sigma(x - a) - \sigma(x + a)] e^{-i\alpha x} \cos(K_0 x) \sin(K_0 y)$.
8. Найти когерентно-передаточную функцию фильтра для инверсной фильтрации сигнала $s(x, y) = A \cos(K_0 x) \sin(K_0 y) [\sigma(x + a) - \sigma(x - a)] [\sigma(y + a) - \sigma(y - a)]$.