

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Теория оптических сигналов

по направлению подготовки

12.03.02 Оптотехника

Направленность (профиль) подготовки :
Оптико-электронные приборы и системы

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.В. Самохвалов

Председатель УМК

А.П. Кохпненко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ПК-3 Способность к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптоэлектроники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИУК 1.1 осуществляет поиск информации, необходимой для решения задачи;

ИУК 1.2 проводит критический анализ различных источников информации (эмпирической, теоретической);

ИУК 1.3 выявляет соотношение части и целого, их взаимосвязь, а также взаимоподчиненность элементов системы в ходе решения поставленной задачи;

ИОПК 4.1 использует современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности;

ИОПК 4.2 соблюдает требования информационной безопасности при использовании информационных технологий и программного обеспечения;

ИПК 3.1 разрабатывает функциональные и структурные схемы оптоэлектроники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования;

ИПК 3.2 рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчёта с использованием специализированного программного обеспечения

ИПК 3.3 разрабатывает проектно-конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Ознакомиться с понятием, свойствами, математическими моделями оптических сигналов и способами их построения и анализа;

– научиться применять математический аппарат теории сигналов для выполнения теоретических расчетов и решения практических задач профессиональной деятельности.

Знать основы теории представления и преобразования сигналов, основные классы сигналов и типы преобразующих систем. Уметь выбрать метод анализа, адекватный решению данной проблемы, выбрать подходящий для решения конкретных физических задач ансамбль сигналов и методы его обработки. Владеть методами анализа и синтеза радиотехнических устройств для преобразования сигналов, способами применения методов теории сигналов для анализа систем регистрации и управления для физического эксперимента.

Знать основы теории представления и преобразования сигналов, основные классы сигналов и типы преобразующих систем. Уметь выбрать метод анализа, адекватный решению данной проблемы, выбрать подходящий для решения конкретных физических задач ансамбль сигналов и методы его обработки; Владеть методами анализа и синтеза радиотехнических устройств для преобразования сигналов, способами применения

методов теории сигналов для анализа систем регистрации и управления для физического эксперимента.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.О.02 "Математический анализ"; Б1.О.03 "Физика"; Б1.В.04 "Основы оптики"; Б1.В.07 "Программирование"; Б1.В.16 "Методы математической физики"; Б1.В.18 "Теория вероятностей и математическая статистика".

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

- лекции – 32 ч.,
- практические занятия – 34 ч.,

в том числе практическая подготовка 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Предмет и содержание курса. Связь с другими дисциплинами. Понятие и свойства оптического сигнала, характеристики оптических сигналов, характерные особенности оптического сигнала. Мгновенные значения, амплитуда и мощность сигналов. Классификация сигналов.

Тема 2. Динамическое представление сигнала

Математическое описание сигнала. Спектральное представление периодических сигналов рядами Фурье. Тригонометрическая, вещественная и комплексная форма. Разложение в комплексный ряд Фурье. Свойства разложения сигналов в ряд Фурье. Непериодический сигнал. Прямое и обратное преобразование Фурье, их основные свойства. Фурье-анализ сигналов. Энергетические и корреляционные характеристики сигналов.

Тема 3. Элементы теории линейных систем в оптике

Понятие о линейных системах. Характеристики линейных систем. Импульсная и переходная характеристики. Комплексный коэффициент передачи. Фазовая и групповая задержка. Спектральная плотность мощности. Корреляционная функция. Дисперсия, плотность вероятности. Способы описания линейных систем. Пространство как линейная система, преобразующая оптический сигнал. Характеристики поля излучения в пространстве предметов. Линза как квадратичный фазовый фильтр. Оптическое преобразование Фурье. Функции Бесселя и их свойства. Преобразование Ганкеля в оптике и его связь с преобразованием Фурье. Гауссовы пучки и их распространение. Дифракционные линзы. Функции MatLab для расчета линейных систем. Расчет частотных характеристик. Построение графиков фазово-частотных характеристик.

Тема 4. Случайные оптические сигналы

Модели случайных процессов. Вероятностные характеристики случайных процессов. Корреляционные и спектральные свойства стационарных случайных сигналов. Дифференциальные и интегральные преобразования стационарных случайных процессов. Квазипериодичность стационарного гауссова сигнала. Преобразование случайных сигналов линейными оптическими системами. Функция когерентности. Преобразование некогерентных сигналов линейной оптической системой. Оптическая передаточная функция линзы, ограниченной круглой апертурой. Гетеродинное фотоэлектрическое преобразование сигналов. Многомерные стационарные нормальные случайные процессы. Марковские процессы.

Тема 5. Дискретные оптические сигналы

Цифровые сигналы. Дискретизация и квантование. Методы улучшения характеристик квантования. Кодирование квантованных отсчетов. Модуляция цифровыми сигналами. Спектр дискретного сигнала. Преобразование сигналов с ограниченным спектром. Принцип неопределенности для двумерных оптических сигналов. Разложение оптических сигналов в ряд Котельникова. Формула Пуассона. Информационная структура спектрально-ограниченного оптического сигнала. Акустооптическое преобразование сигналов.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекционных и практических занятий, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, составления конспектов самоподготовки к практическим занятиям и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Для успешного прохождения текущего контроля необходимо выполнить все контрольные задания. Проверка заданий осуществляется преподавателем или автоматически в системе MOODLE.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в пятом семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

- Вопрос 1. Понятия информации, оптического сигнала.
- Вопрос 2. Математическое описание, характеристики оптического сигнала.
- Вопрос 3. Классификация сигналов.
- Вопрос 4. Что такое гармонический сигнал, сигнал включения (функция Хевисайда), прямоугольный импульс, сигнал в виде функции Дирака? Математическое описание этих сигналов, параметры сигналов.
- Вопрос 5. Какова связь сигналов в виде функций Хевисайда и Дирака?
- Вопрос 6. Спектр сигнала.
- Вопрос 7. Какие сигналы, и при каких условиях могут быть разложены в ряд Фурье (представлены рядом Фурье)?
- Вопрос 8. Ряд Фурье. Вычисление коэффициентов ряда.
- Вопрос 9. Модель лазерного импульса.
- Вопрос 10. Понятие регулярного непериодического сигнала. При каких условиях для него можно осуществить интегральные преобразования Фурье?
- Вопрос 11. Спектральная плотность сигнала, её размерность.
- Вопрос 12. Равенство Парсеваля, что оно определяет?

- Вопрос 13. Основные свойства интегральных преобразований Фурье: аддитивность, теоремы о запаздывании и смещении спектра, теоремы об изменении масштаба времени, о свёртке.
- Вопрос 14. Спектральная плотность сигнала в виде функции включения.
- Вопрос 15. Спектральная плотность сигнала в виде функции Дирака.
- Вопрос 16. Теорема Котельникова (формулировка, область применения, доказательство).

Примеры практических заданий

- Задание 1. Определить характеристики прямоугольного импульса
- Задание 2. Определить характеристики гармонического сигнала
- Задание 3. Разложить в ряд Фурье гармонический сигнал
- Задание 4. Рассчитать частотные характеристики сигнала
- Задание 5. Определить характеристики случайного сигнала
- Задание 6. Исследовать корреляционные свойства сигналов
- Задание 7. Исследовать оптическую передаточную функцию оптической системы

Результаты зачета определяются оценками «зачтено» или «не зачтено».

Для получения оценки "зачтено" необходимо выполнить все следующие условия.

1. Набрать не менее 75% от максимальной оценки по каждому из текущих тестов в системе Moodle.
2. В течение семестра предоставлять на проверку преподавателю конспекты самоподготовки к практическим занятиям.
3. Выполнить индивидуальное расчетное задание и получить оценку.
4. Вовремя, согласно графику, выполнить все практические задания и получить за них не ниже 70% в системе MOODLE.
5. Ответить на вопросы итогового теста.

Пересчет суммы баллов в традиционную оценку представлен в таблице 10.1

Таблица 10.1 – Пересчет суммы баллов в традиционную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов
зачтено	75 - 100
не зачтено	Ниже 75

Таблица 10.2 Критерии оценивания результатов обучения

Компетенция	Индикатор компетенции ¹	Критерии оценивания результатов обучения	
		незачет	зачет
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК 1.1 Осуществляет поиск информации, необходимой для решения задачи	Испытывает затруднения в выборе подходящего для решения задачи модель и метод анализа оптического сигнала	Свободно выбирает подходящий для решения задачи модель и метод анализа оптического сигнала
	ИУК 1.2 Проводит критический анализ различных ис-	Испытывает затруднения в использовании выбранного метода	Свободно применяет выбранный метод анализа оптического сигнала.

¹ В случае реализации образовательной программы по ФГОС ВО 3+ графа не заполняется.

	точников информации (эмпирической, теоретической)	анализа оптического сигнала	
	ИУК 1.3 Выявляет соотношение части и целого, их взаимосвязь, а также взаимоподчиненность элементов системы в ходе решения поставленной задачи	Испытывает затруднения в декомпозиции сигнала	Владеет приёмами декомпозиции сигнала
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК 4.1 Использует современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности	Обучающийся не владеет навыками использования программного обеспечения для создания моделей и анализа оптических сигналов	Обучающийся уверенно владеет программным обеспечением для создания моделей и анализа оптических сигналов
	ИОПК 4.2 Соблюдает требования информационной безопасности при использовании информационных технологий и программного обеспечения	Не знает или не соблюдает требования информационной безопасности при использовании информационных технологий и программного обеспечения	Знает и соблюдает требования информационной безопасности при использовании информационных технологий и программного обеспечения
ПК-3 Способность к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе	ИПК 3.1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оплотехники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических ме-	Не может записать математическую модель сигнала и определить эффективный метод его анализа	Уверенно записывает математическую модель сигнала и определяет эффективный метод его анализа

с использованием систем автоматизированного проектирования	тодов и программных средств проектирования и конструирования		
	ИПК 3.2 Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчёта с использованием специализированного программного обеспечения	Испытывает затруднения в использовании специализированного программного обеспечения для моделирования и анализа оптических сигналов	Уверенно использует специализированное программное обеспечение для моделирования и анализа оптических сигналов
	ИПК 3.3 Разрабатывает проектно-конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования	Обучающийся не знает сертифицированные на территории РФ компьютерные системы моделирования и анализа сигналов	Обучающийся знает сертифицированные на территории РФ компьютерные системы моделирования и анализа сигналов

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в системе дистанционного обучения «Moodle» НИ ТГУ: «Теория оптических сигналов. 3 курс (РФФ.Б.С.1 сем.)», <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=35856>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Контрольные вопросы и задания для практических занятий, размещенные в электронном учебном курсе в системе дистанционного обучения «Moodle» НИ ТГУ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, размещенные в электронном учебном курсе.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Магазинникова, А.Л. Основы цифровой обработки сигналов / А. Л. Магазинникова. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 132 с. — ISBN 978-5-507-48636-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/359951> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Васильев, В. Г. Прикладные задачи спектрального анализа сигналов : учебник для вузов / В. Г. Васильев, С. Н. Куженькин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 284 с. — ISBN 978-5-8114-8465-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193303> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Юдин, М.Н. Прикладные методы гармонического анализа: учебное пособие для вузов / М.Н. Юдин, Н.А. Севостьянов, О.М. Юдин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-8210-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187583> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Трухин, М.П. Моделирование сигналов и систем. Основы разработки компьютерных моделей систем и сигналов : учебное пособие для вузов / М.П. Трухин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 212 с. — ISBN 978-5-8114-8064-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171422> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Алибеков, И. Ю. Теория вероятностей и математическая статистика в среде MATLAB : учебное пособие для вузов / И. Ю. Алибеков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-6865-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152661> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Ревинская, О. Г. Символьные вычисления в MatLab / О. Г. Ревинская. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 528 с. — ISBN 978-5-507-47189-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339032> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

- Дубнищев, Ю.Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие / Ю.Н. Дубнищев. — 4-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1156-6. — Текст : электронный // Лань :

- электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/698> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Веремей Е.И. Линейные системы с обратной связью. СПб: Лань, 2013. – 447 с.
 - Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. М.: Кнорус, 2013. – 478 с.
 - Дворкович В.П., Дворкович А.В. Оконные функции для гармонического анализа сигналов. [Электронный ресурс] – М.: Техносфера, 2016. – 208 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/87741>
 - Иванов А.В. Обработка многомерных сигналов. Кн. 2. – М.: Радиотехника, 2013. – 175 с.
 - Богословский А.В., Богословский Е.А., Жигулина И.В., Яковлев В.А. Обработка многомерных сигналов. В 2 кн. М: Издательство «Радиотехника», 2013 г. – 168 с.
 - Малоземов, В. Н. Основы дискретного гармонического анализа : учебное пособие / В. Н. Малоземов, С. М. Машарский. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1414-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4046> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
 - Квасов Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование MATLAB и SCILAB. СПб: Лань, 2016. – 323 с.
 - Волков, В.Ю. Адаптивные и инвариантные алгоритмы обнаружения объектов на изображениях и их моделирование в Matlab. [Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2014. – 192 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/68475>
 - Короленко П.В., Маганова М.С. Основы статистических методов в оптике. М.: Университетская книга, 2010. – 164 с.
 - Лебедько, Е. Г. Теоретические основы передачи информации : монография / Е. Г. Лебедько. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1139-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1543> (дата обращения: 30.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) ресурсы сети Интернет:

- Основы электротехники и электроники - <https://openedu.ru/course/urfu/ELB/>
- Журнал «Известия вузов. Приборостроение» - <https://pribor.ifmo.ru/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010)
- Пакет программного обеспечения MathWorks MATLAB Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015).
- Dr.Web Desktop Security Suite (Договор поставки №1095 от 21.10.2020);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Брюханова Валентина Владимировна, доцент, канд. физ.-мат. наук, доцент каф. оптико-электронных систем и дистанционного зондирования