

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики  
А.С. Батурин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Формирование сигналов изображений
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической электроники
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: П.С. Лазарев

Программа обсуждена на заседании кафедры физической электроники 04.02.2023

## Аннотация

Курс "Формирование сигналов изображений" предусматривает изучение основ работы формирователей сигналов изображения с цифровой обработкой сигналов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение основ работы формирователей сигналов изображения с цифровой обработкой сигналов.

#### Задачи дисциплины

- знакомство с основными требованиями к формирователям сигналов изображения;
- изучение алгоритмов обработки сигналов в формирователях сигналов изображения;
- изучение основ цифровой обработки сигналов изображения.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные требования к ФСИ, алгоритмы работы и методы цифровой обработки сигналов в ФСИ.

уметь:

- выбирать оптимальную структуру ФСИ для конкретной задачи, применять методы цифровой обработки сигналов для оптимизации характеристик ФСИ.

владеть:

- математическим аппаратом и методами цифровой обработки сигналов.

### 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	Основные требования к формирователям сигналов изображений.		4		
2	Структура ФСИ. Особенности ФСИ инфракрасного диапазона спектра.		4		
3	Основы цифрового представления изображений.		4		
4	Операции над изображениями.		4		
5	Основные градационные преобразования.		4		
6	Видоизменение гистограммы.		4		
7	Основы пространственной фильтрации.		4		
8	Частотные методы улучшения изображений.		4		
9	Сглаживающие частотные фильтры.		4		
10	Частотные фильтры повышения резкости.		4		3
11	Восстановление изображений.		4		42
12	Основы теории цвета.		4		
13	Обработка изображений в псевдоцветах.		4		
14	Основы обработки цветных изображений.		4		
15	Сжатие изображений.		4		
Итого часов			60		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Основные требования к формирователям сигналов изображений.

Входные и выходные сигналы ФСИ. Система параметров оценки качества ФСИ. Требования пространственного разрешения ФСИ. Требования к чувствительности ФСИ. Интегральные характеристики ФСИ. Эксплуатационные требования.

##### 2. Структура ФСИ. Особенности ФСИ инфракрасного диапазона спектра.

Регистрация входного оптического сигнала в различных диапазонах спектра. Аналого-цифровое преобразование сигнала. Цифровая обработка сигналов.

##### 3. Основы цифрового представления изображений.

Что такое цифровая обработка изображений? Основные стадии цифровой обработки изображений. Компоненты системы обработки изображений. Основные понятия, используемые при дискретизации и квантовании. Представление цифрового изображения.

Пространственное и яркостное разрешения. Эффекты муара и наложения спектров.

Увеличение и уменьшение цифровых изображений. Соседи отдельного элемента. Смежность, связность, области и границы. Меры расстояния.

##### 4. Операции над изображениями.

Поэлементные операции над изображениями. Сложение, вычитание, умножение, деление. Применение при обработке сигналов изображения. Линейные и нелинейные преобразования.

#### 5. Основные градиционные преобразования.

Преобразование изображения в негатив. Логарифмическое преобразование. Степенные преобразования. Кусочно-линейные функции преобразований.

#### 6. Видоизменение гистограммы.

Эквализация гистограммы. Приведение гистограммы (задание гистограммы). Локальное улучшение. Использование гистограммных статистик для улучшения изображения.

#### 7. Основы пространственной фильтрации.

Сглаживающие пространственные фильтры. Линейные сглаживающие фильтры. Фильтры, основанные на порядковых статистиках. Пространственные фильтры повышения резкости.

Улучшение изображений с использованием вторых производных: лапласиан. Улучшение изображений с использованием первых производных: градиент.

#### 8. Частотные методы улучшения изображений.

Преобразование Фурье и частотная область. Одномерное преобразование Фурье и его обращение. Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его обращение. Фильтрация в частотной области. Соответствие между фильтрацией в пространственной области и фильтрацией в частотной области.

#### 9. Сглаживающие частотные фильтры.

Идеальные фильтры низких частот. Фильтры низких частот Баттерворта. Гауссовы фильтры низких частот.

#### 10. Частотные фильтры повышения резкости.

Идеальные фильтры высоких частот. Фильтры высоких частот Баттерворта. Гауссовы фильтры высоких частот. Лапласиан в частотной области. Нерезкое маскирование, высокочастотная фильтрация с подъемом частотной характеристики, фильтрация с усилением высоких частот.

#### 11. Восстановление изображений.

Модель процесса искажения/восстановления изображения. Модели шума. Пространственные и частотные свойства шума. Функции плотности распределения вероятностей для некоторых важных типов шума. Периодический шум. Построение оценок для параметров шума. Подавление шумов — пространственная фильтрация. Подавление периодического шума — частотная фильтрация.

#### 12. Основы теории цвета.

Цветовая модель RGB. Цветовые модели CMYH CMYK. Цветовая модель HSI.

#### 13. Обработка изображений в псевдоцветах.

Квантование по яркости. Преобразование яркости в цвет.

#### 14. Основы обработки цветных изображений.

Цветовые преобразования. Цветовое дополнение. Вырезание цветового диапазона. Яркостная и цветовая коррекция. Обработка гистограмм. Сглаживание цветных изображений. Повышение резкости цветных изображений. Шум на цветных изображениях.

15. Сжатие изображений.

Кодовая избыточность. Межэлементная избыточность. Визуальная избыточность. Критерии верности воспроизведения. Кодер и декодер источника. Кодер и декодер канала. Сжатие без потерь. Сжатие с потерями. Стандарты сжатия изображений.

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

Необходимое оборудование для практических занятий: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Введение в полупроводниковую микрофотоэлектронику инфракрасного диапазона [текст]: учебное пособие для вузов / В.И. Стафеев., М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. инт-т (гос. ун-т), Ин-т проблем передачи информации им. А.А. Харкевича. М., МФТИ, 2012, 91 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.—М.: Мир, 1982, в 2-х т.
3. Полупроводниковые формирователи сигналов изображения. Под ред. П.Йесперса, Ф.Ван де Виле и м. Уайта. Пер. с англ под ред. Р.А. Суриса, М., «Мир», 1979
4. Р.Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 2006 г.

### **Дополнительная литература**

1. Жегалов С.И., Соляков В.Н., Фетюхина В.Г. Условия и возможности коррекции неоднородности фотоприемных устройств по сигналам сцены. - Прикладная физика, 2011, № 2
2. Bekhtin Y., et al. Digital hardware-and-software design for infrared sensor image processing. - Proceedings SPIE, 2005, v.5834, pp.333-341
3. Справочник по инфракрасной технике. В 4-х т. Ред. У Волф, г. Цисис. М., Мир, 1995.

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

1. <http://www.elsevier.com>
2. <http://www.elibrary.ru>
3. <http://www.books.google.ru>

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

На семинарских занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач. Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

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

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической электроники
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	П.С. Лазарев

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Формирование сигналов изображений» обучающийся должен:

### знать:

- основные требования к ФСИ, алгоритмы работы и методы цифровой обработки сигналов в ФСИ.

### уметь:

- выбирать оптимальную структуру ФСИ для конкретной задачи, применять методы цифровой обработки сигналов для оптимизации характеристик ФСИ.

### владеть:

- математическим аппаратом и методами цифровой обработки сигналов.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

1. Основные требования к формирователям сигналов изображения.
2. Структура ФСИ. Особенности ФСИ инфракрасного диапазона спектра.
3. Основы цифрового представления изображений.
4. Операции над изображениями.
5. Основные градиентные преобразования.
6. Видоизменение гистограммы.
7. Основы пространственной фильтрации.
8. Частотные методы улучшения изображений.
9. Сглаживающие частотные фильтры.
10. Частотные фильтры повышения резкости.
11. Восстановление изображений.
12. Основы теории цвета.
13. Обработка изображений в псевдоцветах.
14. Основы обработки цветных изображений.
15. Сжатие изображений.

Примеры экзаменационных билетов:



Билет 1.

1. Структура ФСИ. Особенности ФСИ инфракрасного диапазона спектра.
2. Основы цифрового представления изображений.

Билет 2.

1. Частотные методы улучшения изображений.
2. Основы обработки цветных изображений.

#### Критерии оценивания

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;

- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.