

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Обработка изображений

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы

Инженерия программного обеспечения

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.03 Обработка изображений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники	ПК-3.1: Знает методы анализа и исследования математических моделей в области фундаментальной информатики и информационных технологий ПК-3.2: Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы	ПК-3.1: Знает теоретические основы обработки изображений, ряд базовых методов и алгоритмов, используемых для решения широкого круга задач информационных технологий.  ПК-3.2: Умеет создавать модели, использующие методы обработки изображений, определяющие ключевые свойства и ограничения современных информационных технологий и систем.	Задачи Собеседование Тест	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0

	Зачёт
--	-------

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Введение. Обработка изображений в информационных системах	5	2		2	3
Реконструкция изображений и удаление шума	12	2	2	4	8
Введение в анализ информации, содержащейся в изображении	12	2	2	4	8
Выделение контуров объекта и типовых форм	12	2	2	4	8
Сегментация изображений	12	2	2	4	8
Анализ области после сегментации	12	2	2	4	8
Преобразование Фурье в обработке изображений	11	1	2	3	8
Вейвлеты, фильтры Габора и зрение человека	11	1	2	3	8
Ресэмплинг. Сжатие изображений	10	1	1	2	8
Текстурный анализ изображений	10	1	1	2	8
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

#### Содержание разделов и тем дисциплины

##### 1. Введение. Обработка изображений в информационных системах

Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи, курсы, ресурсы, сообщества. Рабочий план курса. Литература и образовательные Интернет-ресурсы. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах. Обзор современного аппаратного обеспечения, видеокарта компьютера. Общая характеристика OpenCV.

##### 2. Реконструкция изображений и удаление шума

Коррекция яркости/контраста изображения. Линейная коррекция. Примеры успеха и неуспеха линейной коррекции. Нелинейная коррекция. Гамма-коррекция. Компенсация разности освещения. Модели шума. Понятие фильтрации. Методы математической морфологии. Применение низкочастотной фильтрации для выделения интенсивности освещения из изображения. Алгоритм коррекции разности освещения. Фильтр Гаусса как низкочастотный фильтр. Операция «свертка» (convolution). Усреднение (среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое). Статистические методы фильтрации (медианный фильтр, нахождение минимумов и максимумов, нахождение средней точек и т.п.) Фильтр Гаусса (gaussian blurring)

Билатеральный фильтр. Фильтр нелокальных средних.

### 3. Введение в анализ информации, содержащейся в изображении

Основы анализа информации, содержащейся в изображении. Задачи на основе анализа бинарных изображений: в медицине; дефектоскопии; видеонаблюдении (анализ подвижных объектов, обнаружение лиц); устранение дефектов киноплёнки. Методы бинаризации: пороговая бинаризация, адаптивная бинаризация, метод треугольника, анализ симметричного пика гистограммы, метод Отсу. Дистанция Махаланобиса (Mahalanobis distance).

### 4. Выделение контуров объекта и типовых форм

Выделение контуров объекта. Выделение точек контура. Градиент и его приближения. Приближения (маски) Робертса, Превитта и Собеля. Метод Саппу. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Фазовое пространство. Преобразование Хафа (Hough).

### 5. Сегментация изображений

Понятие кластеризации. Мера пиковости. Недостатки гистограмм. Улучшение плохих гистограмм. Зашумленность и сглаживание. Адаптивная классификация. Метод Оцу (Otsu) и Мульти Оцу. Метод k-средних. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов (Region growing). Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge). Сравнение с разрастанием регионов. Алгоритм водораздела (watershed). Алгоритм «погружения» (immersion). Алгоритм спуска в локальный минимум (tobogganing). Метод трансформации изображения в расстояния до ближайшей границы (distance transform). Граф и изображение. Критерии «похожести» пикселей. Сегментация с помощью разрезов графа. Минимальный, наилучший и нормализованный (normalized cut) разрезы графа. Минимальный нормализованный разрез графа. Комбинированные методы. Метод морфологических амёб (Morphological amoebas).

Параметрические деформируемые модели. Геометрические деформируемые модели. Level set методы. Метод активного контура.

### 6. Анализ области после сегментации

Анализ формы и параметров связных областей. Характеристики: граница области; площадь; количество «дырок» внутри; центр масс; периметр; компактность; моменты; ориентация главной оси; цвет/яркость. Инвариантные характеристики, моменты М.К.Нш. Анализ с помощью интегральных проекций. Перспективы применения методов машинного обучения.

### 7. Преобразование Фурье в обработке изображений

Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и свойство сепарабельности. ДПФ и быстрое преобразование Фурье (БПФ). Правила корректного применения ДПФ для дискретных непериодических изображений. Теорема Котельникова. Окна Хэмминга (Hamming window) и Блэкмана (Blackman window). Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Фльтрация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера

### 8. Вейвлеты, фильтры Габора и зрение человека

Вейвлеты как основа многомасштабного представления изображений. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Коэна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора). Система фильтров, лежащая в основе зрения человека, и ее интерпретация в терминах вейвлетов

### 9. Ресэмплинг. Сжатие изображений

Изменение размеров (resampling) изображений. Downsampling и upsampling. Основные методы ресэмплинга: ближайшего соседа, билинейная интерполяция, бикубическая интерполяция, фильтр Ланцоша.

Сжатие изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями. Код Хаффмана. Алгоритм Лемпеля-Зива-Велча. Кодирование длин серий. Кодирование с линейным предсказанием.

Пирамидальное сжатие. Пирамиды Лапласианов.

Перевод изображений из одного формата в другой.

### 10. Текстуриный анализ изображений

Структурный анализ. Понятие текселя. Диаграмма Вороного. Статистический анализ. Использование пирамид изображений. Текстуры характеристики Лавса. Оптический поток. Выделение признаков на изображении. Анализ Фурье. Марковские случайные поля. Graphcut текстуры.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.-М.: Мир, 1982.- Кн.1 -312 с. (<https://dsp-book.narod.ru/pratt/pratt.htm>), -Кн.2 -480 с.
2. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 352 с. (<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070709.pdf>)
3. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. – М.: Техносфера, 2013. – 528 с. ([https://www.technosphaera.ru/files/book\\_pdf/0/book\\_333\\_71.pdf](https://www.technosphaera.ru/files/book_pdf/0/book_333_71.pdf)).

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

Задача 1. Бинаризация изображений. Реализация каждой группой заданного алгоритма бинаризации, тестирование реализаций на заданном наборе тестовых изображений. Обоснование работы алгоритма, подтверждение на практике преимуществ и недостатков алгоритма.

Задача 2. Ресэмплинг. Реализация каждой группой заданного алгоритма ресэмплинга, тестирование реализаций на заданном наборе тестовых изображений. Сравнение с результатами других групп, обсуждение результатов.

##### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах. Обзор современного аппаратного обеспечения, видеокарта компьютера.
2. Методы цветокоррекции изображений.
3. Модели шума и алгоритмы устранения шума на изображении. Понятие свертки.
4. Методы бинаризации изображений и перевод цветного изображения в полутоновое.
5. Методы выделения контуров на изображении. Градиент изображения.
6. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Преобразование Хафа.
7. Методы сегментации изображения. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов.
8. Методы сегментации изображения. Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge).
9. Методы сегментации изображений. Алгоритм водораздела (watershed). Алгоритм «погружения» (immersion). Алгоритм спуска в локальный минимум (tobogganing). Метод трансформации изображения в расстояния до ближайшей границы (distance transform).
10. Методы сегментации изображений. Графовые алгоритмы.
11. Анализ формы и параметров связных областей. Инвариантные и неинвариантные характеристики.
12. Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и свойство сепарабельности. ДПФ и быстрое преобразование Фурье (БПФ). Правила корректного применения ДПФ для дискретных непериодических изображений. Теорема Котельникова. Окна Хэмминга (Hamming window) и Блэкмана (Blackman window).
13. Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Фильтрация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера.
14. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Коэна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора).
15. Алгоритмы ресэмплинга.
16. Алгоритмы сжатия изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями.
17. Алгоритмы и методы текстурного анализа изображений.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Какое минимальное количество бит необходимо для хранения серого изображения размером 256 x 256 пикселей (количество уровней интенсивности - 32)?
2. Назовите основные этапы работы алгоритма Canny.
3. Низкочастотный фильтр используется для:
  - повышения контрастности;
  - повышения четкости линий на изображении;
  - размытия изображения;
  - изменения размеров изображения.
4. При кодировании данных мы используем
  - Фиксированную длину кодового слова
  - Переменную длину кодового слова
  - Кодовое слово занимает 1 байт
  - И фиксированную и переменную длину кодового слова.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	как минимум 80% правильных ответов в тесте
не зачтено	менее 80% правильных ответов в тесте

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»



### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

1. Методы цветокоррекции изображений.
2. Модели шума, количественная оценка шума и алгоритмы устранения шума на изображении. Понятие свертки.
3. Методы бинаризации изображений и перевод цветного изображения в полутоновое.
4. Методы выделения контуров на изображении. Градиент изображения.
5. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Преобразование Хафа.
6. Методы сегментации изображения. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов.
7. Методы сегментации изображения. Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge).
8. Методы сегментации изображений. Алгоритм водораздела (watershed). Алгоритм «погружения» (immersion). Алгоритм спуска в локальный минимум (tobogganing). Метод трансформации изображения в расстояния до ближайшей границы (distance transform).
9. Методы сегментации изображений. Графовые алгоритмы.
10. Анализ формы и параметров связных областей. Инвариантные и неинвариантные характеристики.
11. Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и свойство сепарабельности. ДПФ и быстрое преобразование Фурье (БПФ). Правила корректного применения ДПФ для дискретных непериодических изображений. Теорема Котельникова. Окна Хэмминга (Hamming window) и Блэкмана (Blackman window).
12. Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Фльтрация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера.
13. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Коэна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора).
14. Алгоритмы ресэмплинга.
15. Алгоритмы сжатия изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями.
16. Алгоритмы и методы текстурного анализа изображений.
17. Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах.

18. Обзор современного аппаратного обеспечения, графический процессор компьютера.

19. Открытые библиотеки для обработки и сегментации изображений.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р. - Москва : Техносфера, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645399&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Методы сжатия изображений / Ватолин Д.С. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662988&idb=0>.

2. Алгоритмические основы растровой машинной графики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности и направлению "Приклад. математика и информатика" и по направлению "Информ. технологии". - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : Бином. Лаборатория знаний, 2010. - 283 с. : ил. - (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-94774-654-9 (БИНОМ.ЛЗ) : 336.00., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. OpenCV Tutorials. Image Processing ([http://docs.opencv.org/master/d9/df8/tutorial\\_root.html](http://docs.opencv.org/master/d9/df8/tutorial_root.html))
2. Дистрибутив OpenCV. Руководство по OpenCV. / Официальный сайт OpenCV (<http://opencv.org>)
3. Гонсалес Р.С., Вудс В.Е. Цифровая обработка изображений. Сайт издательства [http://www.technosphaera.ru/files/book\\_pdf/0/book\\_311\\_455.pdf](http://www.technosphaera.ru/files/book_pdf/0/book_311_455.pdf)
4. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. <http://books.ifmo.ru/file/pdf/398.pdf> , свободно
5. Handbook of Medical Imaging, Volume 2. Medical Image Processing and Analysis <http://ebooks.spiedigitallibrary.org/book.aspx?bookid=180> Published: 2000
6. <https://doi.org/10.1117/3.831079> PDF ISBN: 9780819481191 | Print ISBN: 9780819477606
7. Emgu CV: a cross platform .Net wrapper to the OpenCV image processing library (with the GNU GPL license v3, <http://www.emgu.com/>)
8. Приоров АЛ, Апальков ИВ, Хрящев ВВ. Цифровая обработка изображений: учебное пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2007. -235 стр. <http://www.lib.uniylar.ac.ru/edocs/iuni/20070709.pdf>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент  
Носова Светлана Александровна.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.