

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Компьютерная фотоника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	9 семестр - 8 часов;
Практические занятия	9 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сапронов М.В.
	Идентификатор	Rd33df1e8-SapronovMV-9c31c84d

(подпись)

М.В. Сапронов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение принципов работы современных лазерных измерительных систем и определение направлений измерительной техники в решении современных задач науки и техники

Задачи дисциплины

- Изучение принципов создания современных лазерных измерительных систем;
- Приобретение навыка использования различных оптических материалов при проектировании отдельных компонентов измерительных систем и комплексов;
- Формирование навыка принятия и обоснования конкретных технических решений при последующем конструировании измерительных систем и комплексов с использованием лазеров;
- Освоение методов расчета энергетических и метрологических характеристик функциональных схем лазерных измерительных систем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 способен осуществлять разработку технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей	ИД-1ПК-2 Разработка и внесение предложений по корректировке конструкторской документации	знать: - Общие принципы работы и проектирования лазерных измерительных систем. уметь: - Применять лазерные измерительные системы; - Осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию, проектировать схемы лазерных доплеровских анемометров, подбирая необходимые элементы; - Анализировать и применять информацию о новых технологиях проектирования и изготовления компонентов лазерных систем диагностики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Компьютерная фотоника (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основные источники научно-технической информации по элементам оптико-информационных систем.
- знать Принципы работы и проектирования оптико-информационных систем различного назначения.
- уметь Самостоятельно разбираться в методах расчета и применять их для решения поставленной задачи.
- уметь Осуществлять поиск информации о свойствах и характеристиках элементов оптических систем различного назначения.

- уметь Применять полученную информации при проектировании опτικο-информационных систем.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА). Общая характеристика современных лазерных измерительных систем	37.85 0	9	3.0	-	1.7 5	-	0.8	-	0.30 0	-	32	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА)." <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА)." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 4 - 11, 29 - 44 [3], стр.9 - 15 [4], стр. 5 - 25</p>
1.1	Принцип работы ЛДА	9.525		1	-	0.2 5	-	0.2	-	0.07 5	-	8	-	
1.2	Модуляция зондирующего излучения	9.025		0.5	-	0.2 5	-	0.2	-	0.07 5	-	8	-	
1.3	Сигналы ЛДА	9.775		0.5	-	1	-	0.2	-	0.07 5	-	8	-	
1.4	Физические основы лазерных измерений	9.525		1	-	0.2 5	-	0.2	-	0.07 5	-	8	-	
2	Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем.	20.70		1.5	-	0.5 0	-	0.4	-	0.30	-	18	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем." <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем." <u>Изучение материалов литературных</u></p>
2.1	Электронные сигналы лазерных измерительных систем (ЛИС)	9.10		0.5	-	0.2 5	-	0.2	-	0.15	-	8	-	
2.2	Методы и средства обработки	11.60		1	-	0.2 5	-	0.2	-	0.15	-	10	-	

	электронных сигналов ЛИС											<u>источников:</u> [3], стр. 3 - 8	
3	Вопросы метрологии лазерных измерительных систем	22.95	1.5	-	0.7 5	-	0.4	-	0.30	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Вопросы метрологии лазерных измерительных систем." <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Вопросы метрологии лазерных измерительных систем." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 26- 35 [3], стр. 16 - 22 [4], стр. 36 - 52
3.1	Основы метрологического анализа структурных схем ЛИС	11.60	1	-	0.2 5	-	0.2	-	0.15	-	10	-	
3.2	Метрологическая оценка ЛДА	11.35	0.5	-	0.5	-	0.2	-	0.15	-	10	-	
4	Применения лазерных измерительных систем	26.50	2	-	1.0	-	0.4	-	0.30	-	22.8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Применения лазерных измерительных систем." <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Применения лазерных измерительных систем." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 17 - 30 [4], стр. 53 - 67 [5], стр. 15-21
4.1	Лазерные интерференционные измерения	11.85	1	-	0.5	-	0.2	-	0.15	-	10	-	
4.2	Лазерная локация и дальнометрия	14.65	1	-	0.5	-	0.2	-	0.15	-	12.8	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	35.7	
	Всего за семестр	144.000	8.0	-	4.0 0	-	2.0	-	1.200	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.000	8.0	-	4.0 0	2.0		1.200	0.3		128.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА). Общая характеристика современных лазерных измерительных систем

1.1. Принцип работы ЛДА

Эффект Доплера в лазерной анемометрии. Основные типы оптических схем ЛДА. Методы приема оптического излучения. Пространственные условия согласования оптических волн при фотосмещении.

1.2. Модуляция зондирующего излучения

Амплитудная и частотная модуляция. Методы частотной модуляции и модуляторы, применяемые в ЛДА.

1.3. Сигналы ЛДА

Многокомпонентные ЛДА. Способы селекции сигналов. Характеристики рассеяния света аэрогидрозолями. Анализ структуры сигнала ЛДА на основе теории рассеяния Ми. Рассеяние двух когерентных пучков одиночной частицей. Энергетический расчет оптического сигнала ЛДА. Требования к рассеивающим частицам.

1.4. Физические основы лазерных измерений

Характеристика современных лазерных измерительных систем. Информационные параметра лазерного излучения.

2. Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем.

2.1. Электронные сигналы лазерных измерительных систем (ЛИС)

Характеристики электронных сигналов и шумов ЛИС. Сигнал ЛИС как случайный процесс. Основы аппаратного анализа случайных процессов.

2.2. Методы и средства обработки электронных сигналов ЛИС

Спектральные методы обработки. Использование автоматизированных панорамных спектроанализаторов, оптического спектрального анализатора со сканируемым интерферометром Фабри-Перо, дисперсионных и акустооптических анализаторов спектра. Корреляционные и фотонкорреляционные методы обработки. Специализированные следящие и счетно-импульсные процессоры ЛИС.

3. Вопросы метрологии лазерных измерительных систем

3.1. Основы метрологического анализа структурных схем ЛИС

Анализ обобщенной структурной схемы ЛИС. Классификация погрешностей ЛИС. Фундаментальная система уравнений измерений и ее особенности. Законы распределения погрешностей. Свойства оценок. Неравенство информации. Примеры расчетов погрешностей ЛИС на основе неравенства информации.

3.2. Метрологическая оценка ЛДА

Информационный анализ сигнала ЛДА. Потенциальная точность измерения скорости частиц лазерным методом. Методы получения оценок. Метод максимального правдоподобия, МНК, МНК со взвешиванием и МНМ. Подгонка моделей. Особенности программного обеспечения параметрического оценивания. Инженерные приемы обработки данных. Исключение выбросов. Проверка гипотез.

4. Применения лазерных измерительных систем

4.1. Лазерные интерференционные измерения

Лазерные методы измерения размеров, дисперсности и концентрации микрочастиц. Применения ЛИС для решения вопросов охраны окружающей среды. Анализ погрешностей промышленных лазерных интерферометров.

4.2. Лазерная локация и дальнометрия

Принципы построения локационных и дальнометрических систем. Отражательные характеристики целей. Эффективная поверхность рассеяния. Потенциал лазерной локационной системы. Статистические характеристики отраженного оптического сигнала. Ослабление лазерного излучения в атмосфере. Принципы построения адаптивных систем.. Элементная база лазерных локаторов. Передающие устройства. Сканирующие устройства. Приемные устройства. Координатно-чувствительные датчики. Устройства оптической развязки.

3.3. Темы практических занятий

1. Рассеяние лазерного излучения микрочастицами.;
2. Регрессионный анализ. Параметрическая идентификация экспериментальных данных.;
3. Инженерные приемы обработки данных.;
4. Расчет предельных погрешностей ЛИС на основе неравенства информации.;
5. Процессоры сигналов ЛИС.;
6. Методы модуляции лазерного излучения.;
7. Эффект Доплера в лазерной анемометрии..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА)."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Вопросы метрологии лазерных измерительных систем."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применения лазерных измерительных систем."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
Общие принципы работы и проектирования лазерных измерительных систем	ИД-1ПК-2	+				Тестирование/Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА)
Уметь:						
Анализировать и применять информацию о новых технологиях проектирования и изготовления компонентов лазерных систем диагностики	ИД-1ПК-2		+			Контрольная работа/Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем
Осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию, проектировать схемы лазерных доплеровских анемометров, подбирая необходимые элементы	ИД-1ПК-2			+		Контрольная работа/Вопросы метрологии лазерных измерительных систем
Применять лазерные измерительные системы	ИД-1ПК-2				+	Контрольная работа/Применения лазерных измерительных систем

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Вопросы метрологии лазерных измерительных систем (Контрольная работа)
2. Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА) (Тестирование)
3. Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Применения лазерных измерительных систем (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №9)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Смирнов, В. И. Расчет и проектирование лазерных доплеровских анемометров : учебное пособие по курсу "Лазерные измерительные системы" по направлению "Электроника и наноэлектроника" / В. И. Смирнов, Г. М. Янина, М. В. Сапронов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 51 с. - ISBN 978-5-7046-1933-8 .
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10115;
2. Смирнов, В. И. Фундаментальные пределы точности лазерных измерений : учебное пособие по курсу "Лазерные измерительные системы" по специальности "Квантовая и оптическая электроника" направления "Электроника и микроэлектроника" / В. И. Смирнов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 32 с. - ISBN 5-7046-1348-9 .;
3. Евтихиева, О. А. Лазерные измерительные системы. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Лазерные измерительные системы" по специальности "Квантовая и оптическая электроника" направления "Электроника и микроэлектроника" / О. А. Евтихиева, В. И. Смирнов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 33 с. - ISBN 978-5-383-00565-1 .
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1961;
4. Ринкевичюс, Б. С. Учебное пособие по курсу "Лазерные измерительные системы": Вопросы метрологии лазерных измерительных систем / Б. С. Ринкевичюс, В. И. Смирнов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1989 . – 82 с.;

5. Барышников Н. В., Белов М. Л.- "Физическое и полунатурное моделирование лазерных оптико-электронных систем", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2017 - (68 с.) <https://e.lanbook.com/book/103428>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная,

		компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Опτικο-электронные измерительные системы

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА) (Тестирование)
- КМ-2 Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем (Контрольная работа)
- КМ-3 Вопросы метрологии лазерных измерительных систем (Контрольная работа)
- КМ-4 Применения лазерных измерительных систем (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА). Общая характеристика современных лазерных измерительных систем					
1.1	Принцип работы ЛДА		+			
1.2	Модуляция зондирующего излучения		+			
1.3	Сигналы ЛДА		+			
1.4	Физические основы лазерных измерений		+			
2	Устройства обработки сигналов лазерных измерительных систем.					
2.1	Электронные сигналы лазерных измерительных систем (ЛИС)			+		
2.2	Методы и средства обработки электронных сигналов ЛИС			+		
3	Вопросы метрологии лазерных измерительных систем					
3.1	Основы метрологического анализа структурных схем ЛИС				+	
3.2	Метрологическая оценка ЛДА				+	
4	Применения лазерных измерительных систем					
4.1	Лазерные интерференционные измерения					+
4.2	Лазерная локация и дальнометрия					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

