

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт прикладной математики, физики и информатики  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



К.С. Хорьков

августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ И НАВЕДЕНИЯ**  
**ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**  
(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

«Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир  
Год 2022

### ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Проектирование систем транспортировки и наведения лазерного излучения» являются приобретение студентами теоретических и практических знаний и навыков разработки и использования систем, обеспечивающих подведение лазерного излучения к требуемому месту воздействия либо от источника к выходному элементу оптического тракта.

Задачи: Познакомить студента с основами и примерами решения транспортировки лазерного излучения до объекта.

### 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование систем транспортировки и наведения лазерного излучения» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций).

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен анализировать научно-техническую проблему, формулировать цель, задачи и план научного исследования в области лазерной техники и технологий	<p>ПК-1.1. Знает типовую структуру описания научного исследования на этапе его планирования, примеры постановки задач научных исследований в области лазерной техники и лазерных технологий и в смежных областях.</p> <p>ПК-1.2. Умеет определять актуальность планируемых научных исследований на основе анализа источников научно-технической информации в области лазерной техники и лазерных технологий.</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками составления описания планируемого научного исследования, использования междисциплинарного подхода при анализе научно-технической проблемы и планировании исследований в области лазерной техники и лазерных технологий.</p>	<p>Знает типовую структуру описания научного исследования на этапе его планирования, примеры постановки задач научных исследований в области лазерной техники и лазерных технологий и в смежных областях.</p> <p>Умеет определять актуальность планируемых научных исследований на основе анализа источников научно-технической информации в области лазерной техники и лазерных технологий.</p> <p>Владеет навыками составления описания планируемого научного исследования, использования междисциплинарного подхода при анализе научно-технической проблемы и планировании исследований в области лазерной техники и лазерных технологий.</p>	Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования лазерной техники, лазерных опто-электронных приборов и систем	<p>ПК-2.1. Знает методы и средства теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности с учётом требований безопасности.</p> <p>ПК-2.2. Умеет проводить теоретические и экспериментальные исследования в области лазерной техники и лазерных технологий.</p>	<p>Знает методы и средства измерений параметров лазерного излучения; методы математического моделирования в области профессиональной деятельности; требования безопасности при проведении экспериментальных исследований лазерной техники, лазерных опто-электронных приборов и систем;</p> <p>Умеет измерять параметры лазерного излучения;</p>	Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

	ПК-2.3. Владеет навыками целенаправленного планирования, проведения математических и физических экспериментов в области профессиональной деятельности и анализа их результатов, в том числе с использованием средств автоматизации.	участвовать в теоретических и экспериментальных исследованиях в области лазерной техники и лазерных технологий; Владеет навыками целенаправленного планирования экспериментов; проведения математических и физических экспериментов в области профессиональной деятельности и анализа их результатов;	
--	---	---	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов/

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Введение. Классификация и проблемы разработки систем транспортировки лазерного излучения.	3	1-2	-	2			12	
2	Средства автоматизации проектирования систем транспортировки и наведения лазерного излучения.	3	3-6	-	4			20	1-й рейтинг контроль
3	Транспортировка лазерного излучения в технологических комплексах.	3	7-9	-	8	4		19	
4	Транспортировка лазерного излучения в открытом пространстве.	3	10-13	-	6	6		18	2-й рейтинг контроль
5	Методы поддержки характеристик лазерного излучения при его транспортировке	3	13-14	-	6	2		20	
6	Принципы функционирования систем наведения лазерного излучения	3	15-16	-	4	4		13	
7	Проектирование и применение лидаров	3	17-18	-	6	2		10	3-й рейтинг контроль
Всего за _3_ семестр:		-	-	-	36	18		126	Зачет с оценкой, КР
Наличие в дисциплине КП/КР				-	+	+	+	+	КР
Итого по дисциплине		-	-	-	36	18		126	Зачет с оценкой, КР

#### Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине

##### Раздел 1. Классификация и проблемы разработки систем транспортировки лазерного излучения.

1.1. Задачи, решаемые системами транспортировки и наведения лазерного излучения.

1.2. Классификация систем транспортировки лазерного излучения.

1.3. Параметры технического задания, определяющие дальнейший процесс разработки систем транспортировки и наведения лазерного излучения.

## **Раздел 2. Средства автоматизации проектирования систем транспортировки и наведения лазерного излучения.**

2.1. Обзор средств автоматизации проектирования систем транспортировки и наведения лазерного излучения.

2.2. Основные возможности САПР ZEMAX, необходимые при разработке систем транспортировки и наведения лазерного излучения.

## **Раздел 3. Транспортировка лазерного излучения в технологических комплексах.**

3.1. Роботизированные технологические комплексы лазерной обработки.

3.2. Принципы построения подсистем транспортировки лазерного излучения лазер-роботов.

3.3. Математические модели и алгоритмы управления подсистемами транспортировки лазерного излучения.

3.4. Дистанционное управление системами транспортировки и наведения лазерного излучения.

## **Раздел 4. Транспортировка лазерного излучения в открытом пространстве.**

4.1. Проблемы передачи лазерного излучения в открытом пространстве.

4.2. Конструктивные особенности систем формирования и наведения лазерного пучка.

## **Раздел 5. Методы поддержки характеристик лазерного излучения при его транспортировке**

5.1. Влияние особенностей закрытых оптических трактов на характеристики излучения.

5.2. Меры сохранения удовлетворительного качества пучка при его транспортировке до цели.

## **Раздел 6. Принципы функционирования систем наведения лазерного излучения**

6.1. Математические принципы функционирования систем наведения лазерного излучения.

6.2. Конструктивные элементы систем наведения лазерного излучения.

6.3. Сопряжение оптических, механических и электронных узлов.

## **Раздел 7. Проектирование и применение лидаров**

7.1. Принципы функционирования лазерных измерителей дальности.

7.2. Конструктивные особенности лидаров различного назначения.

# **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

## **5.1. Текущий контроль успеваемости**

### **Вопросы к рейтинг-контролю №1:**

1. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения при лазерной резке.

2. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения при лазерной сварке.

3. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения при лазерной поверхностной термообработке.

4. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения при лазерной гравировке.

5. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения в системах лазерного целеуказания.

6. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения в научных установках различного назначения.

7. Характеристики систем транспортировки лазерного излучения при реализации термоядерного синтеза.

8. Классификация систем транспортировки лазерного излучения.
9. Требования к оптическим элементам систем транспортировки лазерного излучения.
10. Особенности технических заданий на разработку систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
11. Средства ZEMAX для проектирования оптических и механических элементов систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
12. Средства AutoCAD для проектирования оптических и механических элементов систем транспортировки и наведения лазерного излучения.

**Вопросы к рейтинг-контролю №2:**

1. Система передачи энергии на искусственный спутник Земли.
2. Система лазерной связи.
3. Лазерное сверхсжатие вещества.
4. Проблема турбулентности атмосферы при транспортировке лазерного излучения по открытым трассам.
5. Возможности лазерных систем различных типов для передачи энергии при различных метеорологических условиях.
6. Требования системам наведения на мишень.
7. Внеосевая трехканальная система формирования пучка на основе схемы Ломоносова- Гершеля.
8. Многоэлементные приемники лазерного излучения на основе фотоэлектрических преобразователей.
9. Эксперименты по организации передачи лазерного излучения в открытом пространстве.
10. Приемники-преобразователи лазерного излучения.
11. Оценка КПД преобразования энергии при транспортировке лазерного излучения в открытом пространстве.
12. . Виды оптических потерь при транспортировке лазерного излучения по сложным оптическим трактам.
13. Нелинейные оптические элементы как средство поддержки характеристик лазерного излучения при его транспортировке.
14. Использование оптического волокна в системах транспортировки лазерного излучения.

**Вопросы к рейтинг-контролю №3:**

1. Наведение лазерного излучения как задача теории автоматического управления.
2. Методы оптимизации, используемые в системах наведения лазерного излучения.
3. Способы обеспечения приемлемого быстродействия при работе систем наведения лазерного излучения.
4. Требования к оптическим элементам систем наведения лазерного излучения.
5. Требования к механическим элементам систем наведения лазерного излучения.
6. Требования к электронным компонентам систем наведения лазерного излучения.
7. Принципы сопряжения оптических, механических и электронных узлов в системах наведения лазерного излучения.
8. Области применения лидаров.
9. Основные технологии, применяемые при производстве лидаров.
10. Структурная схема и принцип действия лидара.
11. Классификация лидаров.
12. Лидарный мониторинг атмосферы.
13. Лидарный мониторинг водной поверхности.
14. Принципы разработки сканирующей оптики.

## **5.2. Промежуточная аттестация**

### **Вопросы к зачету с оценкой:**

1. Задачи, решаемые системами транспортировки и наведения лазерного излучения.
2. Классификация систем транспортировки лазерного излучения.
3. Параметры технического задания, определяющие дальнейший процесс разработки систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
4. Обзор средств автоматизации проектирования систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
5. Основные возможности САПР ZEMAX, необходимые при разработке систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
6. Основные возможности САПР AutoCAD, необходимые при разработке систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
7. Роботизированные технологические комплексы лазерной обработки.
8. Принципы построения подсистем транспортировки лазерного излучения лазер-роботов.
9. Математические модели и алгоритмы управления подсистемами транспортировки лазерного излучения.
10. Дистанционное управление системами транспортировки и наведения лазерного излучения.
11. Проблемы передачи лазерного излучения в открытом пространстве.
12. Конструктивные особенности систем формирования и наведения лазерного пучка.
13. Влияние особенностей закрытых оптических трактов (манипуляторов) на характеристики излучения.
14. Меры сохранения удовлетворительного качества пучка при его транспортировке до цели.
15. Математические принципы функционирования систем наведения лазерного излучения.
16. Конструктивные элементы систем наведения лазерного излучения.
17. Сопряжение оптических, механических и электронных узлов.
18. Принципы функционирования лидаров.
19. Конструктивные особенности лидаров различного назначения.
20. Проблемы защиты интеллектуальной собственности при разработке систем транспортировки и наведения лазерного излучения.

## **5.3. Самостоятельная работа обучающегося.**

### **Примерный перечень курсовых работ:**

1. Расчет оптических систем состоящих из двух различных оптических элементов;
2. Разработка и проектирование специализированного оборудования и технологии лазерного легирования;
3. Разработка и проектирование специализированного оборудования и технологии лазерной сварки;
4. Конструирование устройства управления лазерным излучением.

### **Вопросы для самостоятельной работы студента:**

1. Устройства воздействия на волновой фронт.
2. Измерительные устройства для тестирования систем транспортировки и наведения лазерного излучения.
3. Устройства обработки информации о результатах измерений.
4. Система компенсации атмосферных искажений в реальном времени.
5. Система Грегори.
6. Виды аббераций волнового фронта.
7. Функция рассеяния точки.
8. Интерферометрия бокового сдвига.

9. Интерферометр с компенсатором в параллельном пучке лучей.
10. Интерферометр с компенсатором в расходящемся пучке лучей.
11. Функция передачи модуляции.
12. Виды экранирования поля зрачка.
13. Оптические системы с синтезированной апертурой.
14. Проблемы защиты интеллектуальной собственности при разработке систем транспортировки и наведения лазерного излучения

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники: учебное пособие / Б.Н. Пойзнер. – 2-е изд., доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 160 с. – (Высшее образование: Магистратура). – ISBN 978-5-16-012817-7	2021	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1214884">https://znanium.com/catalog/product/1214884</a>
Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники : учеб. пособие / Б.Н. Пойзнер. – 2-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2018. – 160 с. – ISBN 978-5-16-105864-0	2018	<a href="https://znanium.com/catalog/product/942818">https://znanium.com/catalog/product/942818</a>
Ходгсон, Н. Лазерные резонаторы и распространение пучков. Основы, современные понятия и прикладные аспекты / Н. Ходгсон, Х. Вебер ; пер. с англ. С.А. Бордзиловского ; под науч. ред. С.Г. Струц. – Москва : ДМК Пресс, 2017. – 744 с. – ISBN 978-5-97060-176-1. – Текст : электронный	2017	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1027523">https://znanium.com/catalog/product/1027523</a>
Лазеры: применения и приложения : учебное пособие / А.С. Борейшо, В.А. Борейшо, И.М. Евдокимов, С.В. Ивакин ; под редакцией А. С. Борейшо. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 520 с. – ISBN 978-5-8114-2234-0	2016	<a href="https://e.lanbook.com/book/87570">https://e.lanbook.com/book/87570</a>
Дополнительная литература		
Таксанц, М. В. Энергетические параметры и характеристики лазерного излучения : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Измерение и контроль параметров лазерного излучения» / М. В. Таксанц, Л. Н. Майоров. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. – 54 с. – ISBN 978-5-7038-3847-1	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/31659.html">http://www.iprbookshop.ru/31659.html</a>
Федоров, Б. М. Технология и оборудование лазерной обработки. Часть 2: методические указания к лабораторным работам по курсу «Технология лазерной обработки» / Б. М. Федоров, Н. А. Смирнова. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. – 36 с. – ISBN 978-5-7038-3831-0.	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/31648.html">http://www.iprbookshop.ru/31648.html</a>
Нюшков, Б. Н. Волоконная оптика и волоконные лазерные системы. Часть I : учебное пособие / Б. Н. Нюшков. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 56 с. – ISBN 978-5-7782-1346-3.	2010	<a href="http://www.iprbookshop.ru/45082.html">http://www.iprbookshop.ru/45082.html</a>
Горелов, А. М. Аналоговые лазерные системы обработки информации. Часть I. Фурье-процессоры : учебное пособие / А. М. Горелов, В. С. Щетинкин. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. – 84 с. – ISBN 2227-8397.	2012	<a href="http://www.iprbookshop.ru/30917.html">http://www.iprbookshop.ru/30917.html</a>
Лазерные приборы и методы измерения дальности : учебное пособие / В. Б. Бокшанский, Д. А. Бондаренко, М. В. Вязовых [и др.] ; под редакцией В. Е. Карасик. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. – 96 с. – ISBN 2227-8397.	2012	<a href="http://www.iprbookshop.ru/31435.html">http://www.iprbookshop.ru/31435.html</a>
Храмов, В. Ю. Расчет элементов лазерных систем для информационных и технологических комплексов : учебно-методическое пособие / В. Ю. Храмов. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2008. – 80 с. – ISBN 2227-8397.	2008	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68095.html">http://www.iprbookshop.ru/68095.html</a>

## 6.2. Периодические издания

1. Журнал «Квантовая электроника» – <https://www.quantum-electron.ru>
2. Журнал «Вестник воздушно-космической обороны» – <http://www.almaz-antey.ru/zhurnal-vestnik-kontserna-pvo-almaz-antey/>
3. Журнал «Автометрия» – <https://www.sibran.ru/journals/Avtometria>

## 6.3. Интернет-ресурсы

1. <https://elibrary.ru> – электронная библиотека научных публикаций
2. <http://laser-portal.ru> – портал о лазерах и лазерных технологиях
3. <https://topwar.ru> – новостной портал о новых разработках

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для полноценного преподавания дисциплины необходим комплект оборудования:

Современный компьютер с устойчивым скоростным каналом выхода в интернет с полным комплектом программ для работы офиса с возможностью использовать электронные учебники и справочно-правовые системы, а также кодеки и флешплеер для изучения полезных медиа материалов, современный проектор для дневного использования, доска для проектора, доска для маркера.

Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, или оборудованные для проведения интерактивных лекций: компьютер, видеопроектор, экран настенный, доска для маркера, флипчарт, выход в интернет.

Требования к программному обеспечению учебного процесса:

1. Комплект программ: ZEMAX – система автоматизированного проектирования оптических устройств;
2. AutoCAD – система автоматизированного проектирования общего назначения;
3. КОМПАС-3D – семейство систем автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС.

Рабочую программу составил зав.баз.каф. ЛСиК Антипов А.А.

(должность, ФИО, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

А.В. Осипов

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2022 года

И.о. заведующего кафедрой

С.И. Абрахин

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Протокол №1 от 30.08.2022 года

Председатель комиссии

С.И. Абрахин

(ФИО, должность, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_