

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  
« 30 » 08 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**  
(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

"Мобильные и Интернет-технологии"

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир  
Год 2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Математическое моделирование» является ознакомление с физическими основами решения прикладных задач нелинейной оптики. Здесь следует выделить разработки в области создания новых волоконных лазеров, основанных на эффекте комбинационного рассеяния света, устройств по сжатию световых импульсов, генерации оптических солитонов.

### Задачи дисциплины:

- составление математических моделей для описания, анализа и численного моделирования при описании распространения оптического излучения в нелинейных средах, в том числе – на примере оптических волокон;
- выполнение компьютерного моделирования по решению нелинейных уравнений распространения оптических волновых пакетов в различных средах;
- анализ поставленной проектной задачи из области нелинейной волоконной оптики на основе изучения литературных и патентных источников;
- расчет технологических нормативов на расход оптических материалов и инструментов, выбор типового оборудования для постановки лазерного эксперимента по распространению оптических волновых пакетов в нелинейных средах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к обязательным дисциплинам учебного плана.

## 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	
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знает принципы использования фундаментальных знаний, полученных в области математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Умеет использовать базовые знания из области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. ОПК-1.3. Владеет навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	Знает: обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук Умеет: умеет использовать базовые знания из области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности Владеет: имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ОПК-3 Способен к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов	ОПК-3.1. Знает методы теории алгоритмов, системного и прикладного программирования, принципы и методологии тестирования программного обеспечения, принципы математического моделирования, типовые (универсальные) математические (включая информационные и имитационные) модели, формулы, теоремы и методы, используемые в широком наборе областей применения прикладной математики.	Знает: методы теории алгоритмов; методы системного и прикладного программирования; принципы и методологии тестирования программного обеспечения; Умеет: соотносить знания в области программирования; определять и составлять информационные ресурсы глобальных сетей;	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	ОПК-3.2. Умеет определять и составлять информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем, осуществлять обоснованный выбор адекватных поставленной задаче базовых математических моделей, модифицировать базовые и (или) разрабатывать оригинальные математические модели в соответствии со спецификой поставленной задачи моделирования. ОПК-3.3. Владеет навыками разработки программного обеспечения, а также выполнения математического моделирования от анализа постановки задачи до анализа результатов.	образовательного контента, средств тестирования систем; Владеет: навыки разработки программного обеспечения; навыки выполнения математического моделирования от анализа постановки задачи до анализа результатов;	
--	--	---	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

##### Тематический план

форма обучения – очная, ускоренное обучение

№ 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	Распространение волн и волновых пакетов в оптических средах	7	1-2	4	-	5	-	12	
2	Преобразования и управление светом в волновых световодах	7	3	2	-	-	-	7	
3	Нелинейные эффекты в оптических световодах	7	4-6	6	-	-	-	14	Рейтинг-контроль №1
4	Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ).	7	7	2	-	4	-	7	
5	Передача информации в волоконных системах связи.	7	8-9	4	-	-	-	7	
6	Оптические солитоны	7	10-11	4	-	4	-	7	Рейтинг-контроль №2
7	Параметрическое взаимодействие фемтосекундных импульсов	7	12-13	4	-	-	-	6	
8	Волоконные лазеры.	7	14	2	-	5	-	9	
9	Некерровские оптические среда и нелинейности высших порядков.	7	15-16	4	-	-	-	7	
10	Микроскопическая теория нелинейных восприимчивостей.	7	17-18	4	-	-	-	16	Рейтинг-контроль №3
Всего за 7 семестр:		-	-	36	-	18	-	90	Зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР		-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине		-	-	36	-	18	-	90	Зачет с оценкой

##### Содержание лекционных занятий по дисциплине

**Раздел 1.** Влияние нелинейно-дисперсионных эффектов на распространения световых импульсов в оптических средах.

1.1. Волоконные световоды: изготовление и материалы .

1.2 Основы теории хроматической дисперсии. Волновые пакеты в диспергирующих средах. Фазовая и групповая скорости.

1.3 Нелинейные эффекты в волоконных световодах. Кубичный отклик среды.

**Раздел 2.** Численные методы анализа нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ).

2.1. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ).

2.2. Метод расщепления по физическим факторам.

2.3. Случай сверхкоротких импульсов: нестационарные нелинейно-дисперсионные эффекты.

**Раздел 3.** Моделирование процессов распространения лазерного излучения в дисперсионно-нелинейных средах.

3.1. Распространение оптических импульсов в среде с дисперсией.

3.2. Распространение оптических импульсов в среде с дисперсией и нелинейностью.

3.3. Несимметрические трансформации импульса. Третье приближение теории дисперсии.

3.4. Образование ударной волны огибающей.

**Раздел 4.** Системы генерации и нелинейного преобразования лазерных сигналов.

4.1. Вынужденное рассеяние Мандельштама Бриллюэна.

4.2. ВРМБ-лазеры.

4.3. Оптические солитоны: фундаментальные солитоны и солитоны высших порядков.

4.4. Передача информации на оптических солитонах.

#### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

Л.Р.№1. «Расчет параметров волоконных световодов.» (4 ч).

Л.Р.№2. Изучение дисперсных характеристик в волоконных световодах.» (4 ч).

Л.Р.№3. "Моделирование уравнение распространения в чистом дисперсионном режиме" (6 ч).

Л.Р.№4. «Моделирование распространения оптических импульсов в дисперсионно-нелинейной среде» (6 ч).

Л.Р.№5. Моделирование образования ударной волны огибающей (6 ч).

Л.Р.№6. Моделирование образования оптических солитонов (10 ч).

## **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**

#### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Уравнения Максвелла. Основное уравнение распространения.

2. Физические характеристики оптических сред: коэффициенты преломления и поглощения.

3. Волоконные световоды: изготовление и материалы.

4. Оптические импульсы. Модели световых импульсов.

5. Оптические потери в световодах.

6. Вынужденное комбинационное рассеяние.

7. Вынужденное рассеяние Мандельштама Бриллюэна.

8. Динамика волны накачки и стоксовой волны при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна. Порог ВРМБ.

9. Экспериментальное наблюдение вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна. Волоконные ВРМБ-лазеры.

10. Основы теории хроматической дисперсии. Волновые пакеты в диспергирующих средах. Фазовая и групповая скорости.

11. Преобразование формы и спектра импульса в дисперсионных средах.

12. Нелинейные эффекты в волоконных световодах. Кубичный отклик среды.

13. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ).

14. Фазовая кросс-модуляция (ФКМ), фазовая самомодуляция (ФСМ).

15. Самофокусировка оптических импульсов.
16. Несимметрические трансформации импульса. Третье приближение теории дисперсии.
17. Передача информации в волоконных системах связи.
18. Нелинейные эффекты высших порядков. Образование ударной волны огибающей.
19. Оптические солитоны: фундаментальные солитоны и солитоны высших порядков.
20. Взаимодействие оптических солитонов.
21. Сжатие оптических импульсов: волоконно-решетчатые компрессоры.
22. Сжатие оптических импульсов: компрессоры на многосолитонном сжатии.
23. Параметрическое взаимодействие фемтосекундных импульсов: генерация второй гармоники (ГВГ).
24. Параметрическое усиление коротких импульсов.
25. Генерация суммарных и разностных частот. Параметрические солитоны.
26. Метод обратной задачи рассеяния при решении НУШ.
27. Волоконные лазеры.

## **6.2. Вопросы для рейтинг-контролей**

### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Физические характеристики оптических сред: коэффициенты преломления и поглощения.
2. Оптические потери в световодах.
3. Вынужденное комбинационное рассеяние.
4. Вынужденное рассеяние Манделъштама Бриллюэна.
5. Динамика волны накачки и стоксовой волны при вынужденном рассеянии Манделъштама-Бриллюэна. Порог ВРМБ.
6. Основы теории хроматической дисперсии. Волновые пакеты в диспергирующих средах. Фазовая и групповая скорости.
7. Преобразование формы и спектра импульса в дисперсионных средах.
8. Самофокусировка оптических импульсов.
9. Нелинейные эффекты высших порядков. Образование ударной волны огибающей.
10. Генерация суммарных и разностных частот. Параметрические солитоны. Нелинейные эффекты в волоконных световодах. Кубичный отклик среды.

### **Рейтинг-контроль № 2**

1. Нелинейное уравнение Шрёдингера (НУШ).
2. Обобщённое нелинейное уравнение Шрёдингера.
3. Уравнение ГИнзбурга-Ландау.
4. Фазовая кросс-модуляция (ФКМ), фазовая самомодуляция (ФСМ).
5. Оптические солитоны: фундаментальные солитоны и солитоны высших порядков.
6. Метод обратной задачи рассеяния при решении НУШ.
7. Фурье-метод расщепления по физическим факторам. Общие принципы.
8. Нормировка нелинейного уравнения Шрёдингера.
9. Коммутатор Бейкера-Хаусдорфа.

Решение НУШ разностными методами.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Уравнения Максвелла. Основное уравнение распространения.
2. Волоконные световоды: изготовление и материалы.
3. Оптические импульсы. Модели световых импульсов.
4. Экспериментальное наблюдение вынужденного рассеяния Манделъштама-Бриллюэна. Волоконные ВРМБ-лазеры.
5. Несимметрические трансформации импульса. Третье приближение теории дисперсии.
6. Передача информации в волоконных системах связи.
7. Взаимодействие оптических солитонов.

8. Сжатие оптических импульсов: волоконно-решетчатые компрессоры.
9. Сжатие оптических импульсов: компрессоры на многосолитонном сжатии.
10. Параметрическое взаимодействие фемтосекундных импульсов: генерация второй гармоники (ГВГ).

11. Параметрическое усиление коротких импульсов.

12. Волоконные лазеры.

### **6.3. Вопросы к самостоятельной работе студента**

1. Оптические солитоны: фундаментальные солитоны и солитоны высших порядков.
2. Взаимодействие оптических солитонов.
3. Сжатие оптических импульсов: волоконно-решетчатые компрессоры.
4. Сжатие оптических импульсов: компрессоры на многосолитонном сжатии.
5. Параметрическое взаимодействие фемтосекундных импульсов: генерация второй гармоники (ГВГ).

6. Параметрическое усиление коротких импульсов.

7. Генерация суммарных и разностных частот. Параметрические солитоны.

8. Метод обратной задачи рассеяния при решении НУШ.

9. Волоконные лазеры.

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 электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература		
Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326167.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326167.html</a>
Борисов А.Б., Киселев В.В, Квазиодномерные магнитные солитоны [Электронный ресурс] - М. : ФИЗМАТЛИТ	2014	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115902.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115902.html</a>
Физика. От теории к практике. В 2 кн. Кн. 1: Механика, оптика, термодинамика [Электронный ресурс] / Бёрд Дж. - М.: ДМК Пресс	2016	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941200764.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941200764.html</a>
Дополнительная литература		
К теории двумерных и трехмерных систем автоматического регулирования [Электронный ресурс] / А.Г. Барский. - М. : Логос	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048078.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048078.html</a>
Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений [Электронный ресурс] / Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семёнов А.Ю. - М. : ФИЗМАТЛИТ,	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111980.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111980.html</a>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические/лабораторные работы проводятся в (511-3, 100-3,1226-3,106-3);

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения система математических и инженерных расчётов MATLAB.

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ Прохоров А. В.

(должность, ФИО, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ФС Сервис» Д.С. Квасов  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол №1 от 30.08.2021 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.02 «Фундаментальная  
информатика и информационные технологии»  
Протокол №1 от 30.08.2021 года  
Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, должность, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года  
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян

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 \_\_\_\_\_