

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)



Проректор  
по образовательной деятельности  
А.А.Панфилов  
« 31 » 08 2020г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

Направление подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Профиль подготовки "Мобильные и Интернет-технологии"

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость, зач. ед./ час	Лек- ции, час	Практические занятия, час	Лаб. работы, час	СРС, час	Форма промежуточной атте- стации (экзамен/зачет/зачет с оцен- кой)
5	4 /144	36	—	18	90	Зачет с оценкой, КР
<b>Итого</b>	<b>4 /144</b>	<b>36</b>	<b>—</b>	<b>18</b>	<b>90</b>	<b>Зачет с оценкой, КР</b>

Владимир, 2020 г.

## 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 ВО

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к обязательным дисциплинам.

Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов фундаментальных математических знаний, основанных на курсах «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», «Численные методы», а также навыков программирования, которые могут быть получены в рамках дисциплин «Алгоритмы и анализ сложности», «Языки и методы программирования», «Объектно-ориентированное программирование».

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены для написания выпускной квалификационной работы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-4	частично	Знать: методы и средства планирования и организации исследований и разработок; Уметь: применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; Владеть: навыки сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; навыки проведения маркетинговых исследований научно-технической информации;
ОПК-1	частично	Знать: обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук Уметь: умеет использовать базовые знания из области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности Владеть: имеет навыки выбора методов решения задач профессио-

		Владеть: имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических
ОПК-3	частично	<p>Знать: методы теории алгоритмов; методы системного и прикладного программирования; принципы и методологии тестирования программного обеспечения; Уметь: соотносить знания в области программирования; определять и составлять информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем; Владеть: навыки разработки программного обеспечения; навыки выполнения математического моделирования от анализа постановки задачи до анализа результатов;</p>
УК-1	частично	<p>Знать: правила оформления ссылок на библиографические описания; основные философские понятия и теории, связанные с описанием устройства окружающего мира, а также их связь с законами и принципами развития, формулируемыми общественно-гуманитарными, естественными и техническими науками; Уметь: выделять базовые составляющие задачи; осуществлять декомпозицию задачи; соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности; формулировать альтернативные подходы к решению задач в рамках выбранных видов профессиональной деятельности, в том числе на основе обобщения законов и методов различных наук, результатов из информационных источников; Владеть: опыт использования индуктивного и дедуктивного подходов к решению задач; практический опыт работы с информационными источниками; навыки использования диалектического метода познания при анализе и синтезе информации различной природы и в различном контексте;</p>
УК-2	Частично	<p>Знать: общие принципы проектного подхода к решению задач; необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы; Уметь: формулировать позволяющие достичь цели проекта взаимосвязанные задачи; определять достижимые ожидаемые результаты решения поставленных задач; Владеть: практический опыт реализации проекта как совокупности взаимосвязанных задач; опыт реализации проекта в условиях технических, организационных и ресурсных ограничений;</p>
УК-4	Частично	<p>Знать: правила грамматики, нормы употребления лексики и фонетики государственного и иностранного языков в объеме, необходимом для составления и перевода профессиональных текстов; Уметь: выражать свои мысли на государственном языке в ситуации деловой коммуникации; вести общение в духе взаимного уважения и соблюдения этических и юридических норм; Владеть: навыки перевода профессиональных текстов с иностранного на государственный язык и обратно; опыт публичного выступления, представления материалов по заданной теме на государственном и иностранном языках;</p>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	практ. занятия	лаб. работы	СРС		
1	Распространение волн и волновых пакетов в оптических средах	7	1-2	4	-	5	12	7/77	
2	Преобразования и управление светом в волновых световодах	7	3	2	-	-	6	1/50	
3	Нелинейные эффекты в оптических световодах	7	4-6	6	-	-	14	3/50	Рейтинг-контроль №1
4	Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ).	7	7	2	-	4	7	5/83	
5	Передача информации в волоконных системах связи.	7	8-9	4	-	-	7	2/50	
6	Оптические солитоны	7	10-11	4	-	4	7	6/75	Рейтинг-контроль №2
7	Параметрическое взаимодействие фемтосекундных импульсов	7	12-13	4	-	-	6	2/50	
8	Волоконные лазеры.	7	14	2	-	5	9	6/85	
9	Некерровские оптические среды и нелинейности высших порядков.	7	15-16	4	-	-	7	2/50	
10	Микроскопическая теория нелинейных восприимчивостей.	7	17-18	4	-	-	15	2/50	Рейтинг-контроль №3
	Наличие в дисциплине КП/КР				+				-
	<b>Всего</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>90</b>	<b>36/66</b>	<b>Зачет с оценкой</b>

#### 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.

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. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема № 3.3);*
- *Групповая дискуссия (тема №2.3);*
- *Анализ ситуаций (тема № 1.1);*
- *Применение имитационных моделей (тема № 2.3);*
- *Разбор конкретных ситуаций (тема №4.2);*
- *Другое.*

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

Текущий контроль успеваемости проводится по всем видам занятий с использованием рейтинговой системы.

### 6.1 . Примерный перечень вопросов к зачету с оценкой

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 Мандельштама Бриллюэна.
  5. Динамика волны накачки и стоксовой волны при вынужденном рассеянии Мандельштама-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 Шредингера (НУШ).
  2. Обобщенное нелинейное уравнение Шредингера.
  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 Шредингера.
  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 Мандельштама-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.

6. Параметрическое усиление коротких импульсов.
7. Генерация суммарных и разностных частот. Параметрические солитоны.
8. Метод обратной задачи: рассеяния при решении НУШ.
9. Волоконные лазеры.

#### **6.4 Примерные темы курсовых работ**

1. Вихревые оптические пучки.
2. Проектирование высокоскоростных линий связи на основе оптических вихрей.
3. Оптические среды с гигантскими нелинейностями.
4. Микроструктурированные оптические среды и оптические решетки.
5. «Правые» и «Левые» оптические среды.
6. Соотношение Крамерса-Кронига.
7. Практический расчет нелинейных восприимчивостей.
8. Шредингеровские солитоны.
9. Фемтосекундные солитоны.
10. Оптические линии связи. RZ- формат кодирования сигналов.
11. Темные солитоны.
12. Системы с мультиплексированием по длинам волн.
13. Некерровские оптические среды и нелинейности высших порядков.
14. Метод малых возмущений.
15. Диссипативные оптические солитоны.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

### **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
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 ре-	2012		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/">http://www.studentlibrary.ru/book/</a>

## 8. 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПИМ Прохоров А. В.

Рецензент (представитель работодателя) Ген. директор ООО «ФС Сервис» Квасов Д.С.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПИМ

Протокол № 1 от 31.08.2020 года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Протокол № 1 от 31.08.2020 года.

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

## ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_