



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Ефремов Е.Л.

(Ф.И.О.)

« 28 » декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента математики

(подпись)

Заболотский В.С.

(Ф.И.О.)

« 28 » декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Математическое моделирование распространения волн
Направление подготовки 01.04.01 Математика
Математика и моделирование сложных систем
Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3

лекции 16 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы 00 час.

в том числе с использованием МАО лек. - / пр. 6 / лаб. 00 час.

всего часов аудиторной нагрузки 34 час.

в том числе с использованием МАО 6 час.

самостоятельная работа 74 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 01.04.01 Математика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 октября 2018 г. № 12.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента математики
протокол № 6 от « 28 » декабря 2021 г.

Директор департамента Заболотский В.С.
Составитель д.ф.-м.н. Петров П.С.

Владивосток

2021

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Математическое моделирование распространения волн» предназначена для магистрантов 2 курса магистратуры 01.04.01 Математика, магистерской программы «Математика и моделирование сложных систем».

Дисциплина «Математическое моделирование распространения волн» входит в блок дисциплин по выбору части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.04), реализуется на 2 курсе, в 3 семестре, завершается экзаменом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 З.Е. (108 час.). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (16 час.), практические занятия (18 час.), самостоятельная работа (74 час., в том числе 27 час. на подготовку к экзамену).

Язык реализации – русский.

Цель: ознакомление с многообразием математических методов, употребительных при моделировании распространения волн, а также установление связи с некоторыми важными методами математической физики и задачами, возникающими в ходе практической работы.

Задачи:

- Изучить метод параболического уравнения в задачах распространения волн в оптических и акустических волноводах.
- Изучить метод нормальных волн как одной из форм метода разделения (квазиразделения) переменных.
- Изучить численные методы расчета волновых полей в неоднородных волноводах.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
проектно-технологический	ПК-6 Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности	ПК-6.1 Обосновывает необходимость работы над конкретным проектом, проводит анализ и дает оценку его эффективности, осуществляет защиту предлагаемого проекта, показывает его востребованность на выбранном рынке
		ПК-6.2 Применяет методы построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния, и прогноза развития экономических процессов и явлений в работе над проектом по выбранной тематике

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
организационно-управленческий	ПК-7 Способен к применению методов математического и алгоритмического моделирования для организации управленческой деятельности	ПК-7.1 Проводит анализ необходимых для реализации проекта ресурсов, оценивает временные затраты на реализацию проекта, собирает и обрабатывает информацию для принятия управленческих решений
		ПК-7.2 Применяет на практике математические методы анализа данных в профессиональной сфере, технологии организации и распределения обязанностей в команде, реализующей проект

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-6.1 Обосновывает необходимость работы над конкретным проектом, проводит анализ и дает оценку его эффективности, осуществляет защиту предлагаемого проекта, показывает его востребованность на выбранном рынке	Знает основные подходы к организации предметной среды математики.
	Умеет обосновывать и защищать предлагаемый проект, доказывать его эффективность и востребованность на выбранном рынке.
	Владеет опытом выражения своих мыслей и мнения, навыками оценки эффективности проекта.
ПК-6.2 Применяет методы построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния, и прогноза развития экономических процессов и явлений в работе над проектом по выбранной тематике	Знает методы построения, анализа и применения математических моделей.
	Умеет выбирать методы построения, анализа и применения математических моделей при решении задач проектно-технологической деятельности.
	Владеет навыками работы над проектами по выбранной тематике; методами построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития экономических процессов и явлений.
ПК-7.1 Проводит анализ необходимых для реализации проекта ресурсов, оценивает временные затраты на реализацию проекта, собирает и обрабатывает информацию для принятия управленческих решений	Знает методы построения математической модели, необходимые для реализации проекта.
	Умеет оценить временные затраты на реализацию проекта, определять ресурсы, находить профессиональную информацию.
	Владеет навыками обработки информации для принятия управленческих решений.
ПК-7.2 Применяет на практике математические методы анализа данных в профессиональной сфере, технологии организации и распределения обязанностей в команде, реализующей проект	Знает математические методы анализа данных о проекте.
	Умеет производить первичную обработку результатов посредством математических методов анализа данных, обеспечивать координацию деятельности членов команды.
	Владеет технологиями организации и распределения обязанностей в команде, реализующей проект.

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов). Форма обучения – очная.

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Пр	Лаб	СР	Контроль	
1	Уравнение Гельмгольца. Параксиальное приближение. Параболическое уравнение. Схема Крэнка-Николсон. Метод прогонки	3	4	4		17		экзамен
2	Метод разделения переменных. Задачи Штурма-Лиувилля. Редукция задачи Штурма-Лиувилля к матричной спектральной задаче. Решение уравнения Гельмгольца методом нормальных волн	3	4	4		10		
3	Быстроосциллирующие решения волновых уравнений. Лучевое приближение. Метод Гауссовых пучков. Метод изображений.	3	4	4		10		
4	Псевдоспектральные методы. Метод FFT. Методы ETD-RK	3	4	6		10		
Итого:			16	18		47	27	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (16 часов)

Раздел 1. Уравнение Гельмгольца. Параксиальное приближение. Параболическое уравнение. Схема Крэнка-Николсон. Метод прогонки (4 часа)

Раздел 2. Метод разделения переменных. Задачи Штурма-Лиувилля. Редукция задачи Штурма-Лиувилля к матричной спектральной задаче. Решение уравнения Гельмгольца методом нормальных волн (4 часа)

Раздел 3. Быстроосциллирующие решения волновых уравнений. Лучевое приближение. Метод Гауссовых пучков. Метод изображений. (4 часа)

Раздел 4. Псевдоспектральные методы. Метод FFT. Методы ETD-RK (4 часа)

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (18 часов)

Занятие №1 Реализация решения волнового уравнения с использованием схемы «крест» в MATLAB. Визуализация решений (2 часа).

Занятие №2 Реализация метода Крэнка-Николсон для решения параболического уравнения. (4 часа)

Занятие №3 Расчет собственных функций задачи Штурма-Лиувилля методом конечных разностей. Расчет звукового поля в океане с использованием метода Фурье. (4 часа)

Занятие №4 Реализация метода FFT для решения параболического уравнения. Расчет волновых полей в океане и атмосфере. (6 часов)

Задания для самостоятельной работы

Предусмотрено завершение мини-проектов, которые начаты на соответствующих практических занятиях.

Критерии оценивания

В течение семестра студентам последовательно выдается набор из 4-х лабораторных работ, каждая из которых имеет вес от 15% до 20%. Для получения зачета с оценкой «отлично» необходимо иметь итоговый балл не ниже 80%, зачета с оценкой «хорошо» – необходимо иметь итоговый балл не ниже 65%, зачета с оценкой «удовлетворительно» – необходимо иметь итоговый балл не ниже 50%,

Характеристика заданий самостоятельной работы

Самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала магистрантов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации;
- разработке учебного программного продукта;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих семинарах и олимпиадах;
- анализе научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

1. Изучение аспектов теории, не уложившихся в лекции.
2. Разработка алгоритмов и программ при выполнении лабораторных работ.
3. Подготовка к зачету.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

1. Устный ответ по указанной теме.
2. Исходный код программ заданий по соответствующим темам.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателя.

Критерии оценки:

1. Обзор литературных источников (10 баллов)
2. Качество устного изложения содержания темы (10 баллов)
3. Выполнение каждого лабораторного задания (10 баллов)

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п, название	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
Завершение работы по решению задачи практического занятия №1, оформление результатов в виде проектного отчета	Третья неделя семестра	Мини-проект	2 недели	Презентация отчета по мини-проекту
Завершение работы по решению задачи практического занятия №2, оформление результатов в виде проектного отчета	Четвертая неделя семестра	Мини-проект	1 неделя	Презентация отчета по мини-проекту
Завершение работы по решению задачи практического занятия №3, оформление результатов в виде проектного отчета	Шестая неделя семестра	Мини-проект	1 неделя	Презентация отчета по мини-проекту
Завершение работы по решению задачи практического занятия №4, оформление результатов в виде проектного отчета	Седьмая неделя семестра	Мини-проект	3 неделя	Презентация отчета по мини-проекту

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Мат. моделирование распространения волн	ПК-6.2 Применяет методы построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния, и прогноза развития экономических процессов и явлений в работе над проектом по выбранной тематике	Знает: новые научные результаты по выбранной тематике научных исследований	ПР-9	вопросы к экзамену 1-10
			Умеет: правильно ставить задачи по выбранной тематике, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости	ПР-9	
			Владеет: навыками применения выбранных методов к решению научных задач	ПР-9	
		ПК-7.2 Применяет на практике математические методы анализа данных в профессиональной сфере, технологии организации и распределения обязанностей в команде, реализующей проект	Знает: классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований	ПР-9	вопросы к экзамену 1-10
			Умеет: осуществлять отбор, систематизацию, анализ и оценку современных достижений для решения поставленных задач	ПР-9	
			Владеет: навыками критической оценки полученных результатов для обоснования выбора оптимальной стратегии решения исследовательских и практических задач	ПР-9	
		ПК-7.2 Применяет на практике математические методы анализа данных в профессиональной сфере, технологии организации и распределения обязанностей в команде, реализующей проект	Знает: способы представления научной информации при осуществлении академической и профессиональной коммуникации	ПР-9	вопросы к экзамену 1-10
			Умеет: представлять и обсуждать новые достижения и научные результаты в рамках научно-тематических конференций	ПР-9	
			Владеет: навыками подготовки докладов и выступлений на научно-тематических конференциях	ПР-9	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература *(электронные и печатные издания)*

1. Березин И. С., Жидков Н. П. Методы вычислений. — М.: Наука, 1962. — Т. 1. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:735394&theme=FEFU>.
2. Березин И. С., Жидков Н. П. Методы вычислений. — М.: Наука, 1959. — Т. 2. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:416994&theme=FEFU>.

Дополнительная литература *(печатные и электронные издания)*

- Калиткин Н. Н. Численные методы. — М.: Наука, 1978.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=23173301>.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Журнал вычислительной математики и математической физики [Электронный ресурс] https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7791

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины отводится 54 час аудиторных (практических и лекционных) занятий. На занятиях перед выдачей индивидуальных заданий преподаватель объясняет теоретический материал по заданной теме. Вводит основные требования к его выполнению, приводит примеры. Необходимо поддерживать непрерывный контакт с аудиторией, отвечать на возникающие у студентов вопросы.

По ряду тем магистрантам предлагается работать самостоятельно, выполняя полный обзор по теме. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, предоставляет список литературных источников для освоения темы, а также перечень вопросов для самопроверки.

Вторая часть курса предполагает практические занятия, которые проводятся в форме выполнения научных мини-проектов по математическому моделированию различных процессов из реального мира посредством численного решения дифференциальных уравнений.

При выполнении мини-проектов магистранты разбиваются на малые группы, внутри которых осуществляют систему разделения труда по одной из предложенных преподавателем схем. Таким образом магистранты приобретают навыки командной исследовательской работы.

После выполнения задания, магистранты оформляют материал в форме проектного отчета и отправляет его на проверку преподавателю по электронной почте, либо предъявляет на компьютере во время занятия. Магистрант отвечает устно во время занятия по заданной теме.

По данному курсу разработаны учебные материалы. Для успешного достижения учебных целей занятий должны выполняться следующие основные требования:

- соответствие действий обучающихся ранее изученным на лекционных и семинарских занятиях методикам и методам.
- максимальное приближение действий магистрантов к реальным, соответствующим будущим функциональным обязанностям.
- поэтапное формирование умений и навыков, т.е. движение от знаний к умениям и навыкам, от простого к сложному и т.д..
- использование при работе на тренажерах или действующей технике фактических документов, технологических карт, бланков и т.п.

-выработка соответствующих индивидуальных и коллективных умений и навыков.

Магистрант должен:

-научиться работать с книгой, документацией и схемами, пользоваться справочной и научной литературой.

-научиться работать с электронными литературными источниками.

-формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
D820 - учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (36 п.м.)	Мультимедийное оборудование: Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см Документ-камера Avergence CP355AF ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA Мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 Сетевая видеокамера Multipix MP-HD718.	
D732 - учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа,	Мультимедийное оборудование: Экран проекционный Projecta Elpro Large	

<p>групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (45 п.м.)</p>	<p>Electron, 300x173 см, размер рабочей области 290x163 Документ-камера Avervision CP 355 AF Мультимедийный проектор, Mitsubishi FD630U, 4000 ANSI Lumen, 1920x1080 Сетевая видекамера Multipix MP-HD718 ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA.</p>	
--	---	--

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Вопросы к экзамену

1. Вывод волнового уравнения.
2. Вывод параболического уравнения.
3. Вывод и решение уравнения маятника.
4. Вывод уравнений Лотки-Вольтерра.
5. Схема «крест» и ее обоснование.
6. Маршевая схема Крэнка-Николсон.
7. Методы Рунге-Кутты (на примере).
8. Экстраполяция Ричардсона.
9. Метод Эйлера. Точность. Сходимость.
10. Задачи Штурма-Лиувилля и их конечноразностная аппроксимация.

Процедура оценивания

К экзамену допускаются магистранты, выполнившие программу обучения по дисциплине, и прошедшие все этапы текущей аттестации, то есть

защитившие групповые мини-проекты. Экзамен проводится в устной или письменной форме.

Критерии выставления оценки за экзамен

Оценка экзамена	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»	Выставляется, если магистрант глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
«хорошо»	Выставляется, если магистрант твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
«удовлетворительно»	Выставляется, если магистрант имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
«неудовлетворительно»	Выставляется, если магистрант не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.