



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП



подпись

Пак Т.В.
ФИО

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой информатики,
математического и компьютерного
моделирования протокол



подпись

«11» июля 2019 г.



Чеботарев А.Ю.
ФИО

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое и компьютерное моделирование

Направление подготовки **02.03.01 Математика и компьютерные науки**

Сквозные цифровые технологии

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5
лекции 18 час.
практические занятия _ час.
лабораторные работы 36 час.
в том числе с использованием МАО лек 10 час./пр. /лаб.24 час.
всего часов аудиторной нагрузки 54 час.
в том числе с использованием МАО 34 час.
самостоятельная работа 90 час.
в том числе на подготовку к экзамену 54 час.
курсовое проектирование 5 семестр
зачет не предусмотрен
экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 августа 2017 № 807.

Рабочая учебная программа обсуждена на заседании кафедры информатики, математического и компьютерного моделирования, протокол № 18 от «09» июля 2019 г.

Заведующий кафедрой информатики, математического и компьютерного моделирования
Чеботарев А.Ю..

Составитель: к.ф.-м.н. А.Г. Колобов

Владивосток
2019

Оборотная сторона титульного листа РПД

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

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

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

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

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

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

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Математическое и компьютерное моделирование» разработана для студентов 4 курса по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» (профиль «Сквозные цифровые технологии») в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по данному направлению и положением об учебно-методических комплексах дисциплин образовательных программ высшего профессионального образования (утверждено приказом и.о. ректора ДВФУ от 17.04.2012 № 12-13-87).

Дисциплина «Математическое и компьютерное моделирование» - дисциплина обязательной части блока Б1 учебного плана (Б1.О.06.04).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (34 часа), лабораторные работы (34 часа), самостоятельная работа студента (112 часов). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7 семестре.

Дисциплина «Математическое и компьютерное моделирование» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Вычислительная математика», «Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», «Основы программирования».

Цели освоения дисциплины.

В результате освоения данной дисциплины бакалавр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей основной образовательной программы «Математика и компьютерные науки».

Дисциплина нацелена на подготовку бакалавров к:

- освоению методов решения прикладных задач современной вычислительной математики и математической физики: численные

методы решения интегральных уравнений, вариационные и проекционные методы решения задач математической физики, методы расщепления;

- фундаментальному изучению вопросов построения, исследования и применения численных методов решения задач математической физики, составляющих теоретический фундамент для описания и разработки математических моделей объектов различной физической природы;
- научно-исследовательской работе в области информационных технологий и математической физики, связанной с выбором необходимых методов и алгоритмов, используемых в различных технических системах;
- изучению новых научных результатов, научной литературы и непрерывному профессиональному самосовершенствованию.

Для изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные постановки задач математической физики;
- численные методы решения дифференциальных уравнений.

Уметь:

- применять математические методы и вычислительную технику для решения практических задач;
- программировать на одном из алгоритмических языков;
- проводить сравнительный анализ результатов решения задач.

Владеть:

- аппаратом математического анализа и линейной алгебры;
- методами алгоритмизации и программирования;
- навыками работы в математических пакетах.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие универсальные и общепрофессиональные компетенции.

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Командная работа и лидерство	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	<p>УК-3.1 Знает различные приемы и способы социализации личности и социального взаимодействия</p> <p>УК-3.2 Умеет строить отношения с окружающими людьми, с коллегами.</p> <p>УК-3.3 Владеет практическим опытом участия в командной работе, в социальных проектах, распределения ролей в условиях командного взаимодействия</p>

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретические и практические основы профессиональной деятельности	<p>ОПК-1. Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1 знает основы в области математических и (или) естественных наук.</p> <p>ОПК-1.2 умеет использовать их в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.3 владеет навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.</p>
	<p>ОПК-3. Способен самостоятельно представлять научные результаты, составлять научные документы и отчеты</p>	<p>ОПК-3.1 знает принципы построения научной работы, современные методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации.</p> <p>ОПК-3.2 умеет представлять научные результаты, составлять научные документы и отчеты.</p> <p>ОПК-3.3 владеет практическим опытом выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности.</p>

Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности	ОПК-5. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-5.1 знает основные положения и концепции прикладного и системного программирования, архитектуры компьютеров и сетей (в том числе и глобальных), современные языки программирования, технологии создания и эксплуатации программных продуктов и программных комплексов. ОПК-5.2 умеет использовать их в профессиональной деятельности. ОПК-5.3 владеет практическими навыками разработки ПО
	ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-6.1 знает условия применения стандартных алгоритмов и программ ОПК-6.2 умеет модифицировать стандартные алгоритмы и программы при решении задач ОПК-6.3 владеет навыками разработки новых алгоритмов и программ, реализации мобильных, серверных приложений и других информационно-коммуникационных сервисов, учитывая основные требования информационной безопасности

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Математическое и компьютерное моделирование» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- мини-лекции с актуализацией изучаемого содержания,
- презентации с использованием доски, книг, видео, слайдов, компьютеров и т.п., с последующим обсуждением материалов,
- обратная связь с формированием общего представления об уровне владения знаниями студентов, актуальными для занятия,
- разминка с вопросами, ориентированными на выстраивание логической цепочки из полученных знаний (конструирование нового знания),

- коллективные решения творческих задач, которые требуют от студентов не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов,
- работа в малых группах (дает всем студентам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения).

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

РАЗДЕЛ 1. Вариационные и проекционные методы численного решения задач математической физики (14 часов.).

Тема 1. Уравнение Эйлера. Пространства Соболева (2 часа).

Постановка задачи вариационного исчисления, ε -окрестность функции. Первая и вторая вариация функционала. Необходимое условие экстремума. Уравнение Эйлера. Первая краевая задача. Теорема об эквивалентности решения краевой задачи нахождению экстремума функционала. Доказательство необходимости и достаточности. Вторая краевая задача. Пространства Соболева, полнота. Нормы в пространствах Соболева. Энергетические пространства.

Тема 2. Метод Ритца. Метод Галеркина (2 часа).

Минимизирующая последовательность. Классический вариант метода Ритца. N-тое приближение к решению. Общая формулировка метода Ритца. Полнота последовательности конечномерных подпространств. Нахождение коэффициентов разложения по базису конечномерного подпространства (условия минимума функционала). Система Ритца. Определитель Грамма. Проекционный метод Бубного - Галеркина. Уравнение Галеркина (слабая форма). Нахождение коэффициентов разложения по базису конечномерного

подпространства (условия ортогональности невязки элементам базиса).

Отличие и сходство методов.

Тема 3. Метод конечных элементов решения краевой задачи 1 (2 часа).

Различие между методом конечных элементов и методом Рунге-Кутты.

Локальные сплайны, их финитность. Разреженность и ленточная структура матрицы. Устойчивость процесса численного решения. Построение

последовательности конечномерных подпространств (три основных аспекта).

Конечные элементы. Постановка первой краевой задачи, эквивалентной ей вариационной задаче. Пространство сплайнов первой степени дефекта 1. В-сплайны первой степени, их свойства. Вычисление коэффициентов системы Рунге. Результирующая система линейных алгебраических уравнений.

Тема 4. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2 (2 часа).

Постановка второй краевой задачи, эквивалентной ей вариационной задаче.

Разбиение области на конечное число элементарных ячеек (прямоугольные и треугольные элементы). Случай прямоугольных элементов. Пространство

двумерных сплайнов первой степени, его базис. Вычисление коэффициентов системы Рунге. Результирующая система линейных алгебраических

уравнений (девятиточечная разностная схема). Случай треугольных элементов. Пространство непрерывных кусочно-линейных функций двух

переменных, его базис. Вычисление коэффициентов системы Рунге.

Результирующая система линейных алгебраических уравнений (пятиточечная разностная схема). Методы решения соответствующих систем.

Тема 5. Сплайн-разностная схема (3 часа).

Определение метода коллокации. Определение метода сплайн-коллокации.

Обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка с краевыми условиями общего вида. Условия коллокации. Узлы коллокации.

Ограничение на количество и расположение узлов коллокации. Случай совпадения узлов коллокации с узлами сплайна. Отсутствие в уравнении

первой производной. Формула сплайна, построенного по моментам.

Получение системы линейных алгебраических уравнений для нахождения значений решения в узлах. Получение первого и последнего уравнений системы. Условия диагонального преобладания в матрице системы. Теорема об оценке погрешности приближенного решения.

Тема 6. Метод сплайн-коллокации на основе В-сплайнов (2 часа).

Формула вычисления нормализованного кубического В-сплайна на интервале-носителе. Построение расширенной сетки. Получение системы линейных алгебраических уравнений для нахождения коэффициентов разложения решения по базису из кубических В-сплайнов. Особенности матрицы данной системы, преобразование ее к трехдиагональной. Формулы вычисления В-сплайнов и их первых и вторых производных в узлах сетки. Условия диагонального преобладания в матрице системы. Теорема об оценке погрешности приближенного решения.

Тема 7. Построение схем повышенной точности метода сплайн-коллокации (1 час).

Стратегия выбора узлов коллокации в случае несовпадения их с узлами сплайна. Структура матрицы системы. Построение схем повышенной точности метода сплайн-коллокации. Основные свойства схем, построенных на основе метода сплайн-коллокации.

РАЗДЕЛ 2. Методы расщепления решения многомерных нестационарных задач (8 часов).

Тема 1. Устойчивость, лемма Келлога (1 час).

Историческая справка по методам расщепления. Введение в проблему. Устойчивость разностных схем. Аппроксимация, сходимость. Леммы об ограниченности норм операторов, лемма Кэллога.

Тема 2. Схема Кранка – Николсона (2 часа).

Схема Кранка – Николсона для случая, когда оператор не зависит от времени. Редукция схемы к схеме расщепления. Доказательство

аппроксимации схемы в общем случае. Доказательство устойчивости для однородной и неоднородной задачи.

Тема 3. Метод покомпонентного расщепления. Метод двуциклического покомпонентного расщепления (2 часа).

Метод покомпонентного расщепления в случае суммы двух положительно полуопределенных матриц. Оператор перехода. Доказательство аппроксимации. Коммутация операторов. Доказательство устойчивости. Реализация на компьютере. Метод двуциклического покомпонентного расщепления. Оператор перехода. Доказательство аппроксимации. Доказательство устойчивости. Реализация на компьютере.

Тема 4. Метод стабилизации. Метод предиктор - корректор (1 час).

Метод стабилизации. Доказательство аппроксимации (сравнение со схемой Кранка – Николсона). Доказательство устойчивости в энергетической норме. Реализация на компьютере. Метод предиктор - корректор. Особенности использования устойчивых и неустойчивых схем. Аппроксимация схемы в целом.

Тема 2. Двумерное уравнение движения (2 часа.).

Уравнение переноса субстанции вдоль траектории. Двумерное уравнение движения с переменными коэффициентами. Уравнение неразрывности. Кососимметричность оператора дифференцирования по пространству. Расщепление на элементарные операторы. Применение метода двуциклического покомпонентного расщепления. Аппроксимация оператора по пространственным переменным. Дивергентная форма уравнения. Разностный аналог оператора. Потеря кососимметрической структуры. Преобразование к разностному оператору кососимметрической структуры.

РАЗДЕЛ 3. Численные методы решения интегральных уравнений (12 часов).

Тема 1. Интегральные уравнения, классификация. Общая характеристика методов решения (1 час).

Введение в проблему. Основные типы интегральных уравнений (Фредгольма, Вольтерры, 1 рода, 2 рода). Операторная запись уравнений. Области применения интегральных уравнений. Достоинства моделей, основанных на интегральных уравнениях. Неограниченность обратного оператора к вполне непрерывному, неустойчивость по правой части. Аппроксимационные методы. Проекционные методы. Итерационные методы.

Тема 2. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 2 рода, Фредгольма 2 рода (2 часа).

Применение квадратурных формул. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 2 рода, особенности метода, треугольная структура матрицы системы линейных алгебраических уравнений для нахождения решения в узлах сетки. Расчетные рекуррентные формулы. Пример применения формулы трапеций для замены интеграла конечной суммой. Метод квадратур решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода. Проблемы выбора квадратурной формулы. Нахождение характеристических чисел ядра. Метод простой итерации. Оценка приближения к точному

Тема 3. Метод вырожденных ядер. Проекционные методы решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода (2 часа).

Определение вырожденного ядра. Форма решения исходного интегрального уравнения. Получение системы линейных алгебраических уравнений. Аппроксимация произвольного ядра вырожденным. Невязка. Форма представления решения в линейном виде. Координатные функции. Метод наименьших квадратов. Отличительная особенность системы линейных алгебраических уравнений. Метод Бубнова-Галеркина. Получение системы линейных алгебраических уравнений. Метод коллокации. Определение коэффициентов разложения решения по координатным функциям.

Тема 4. Методы сведения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода к интегральному уравнению Вольтерра 2 рода. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода. Особенности дискретизации (2 часа).

Корректность задачи решения интегрального уравнения Вольтерры 1 рода. Два метода сведения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода к интегральному уравнению Вольтерра 2 рода. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода. Особенности дискретизации. Определение значения решения в первом узле. Устойчивость решения, связь шага дискретизации с погрешностями исходных данных. Пример применения формулы трапеций. Использование формулы Лагранжа для нахождения решения в первом узле.

Тема 5. Интегральные уравнения Фредгольма 1 рода, общая характеристика, корректность по Адамару (1 час).

Понятие корректности по Адамару. Причины неустойчивости решения. 4-ая теорема Фредгольма. Повышение неустойчивости решения с уменьшением шага дискретизации.

Тема 6 Метод регуляризации Тихонова. Псевдорешение, нормальное решение, сглаживающий функционал (2 часа).

Условная корректность (корректность по Тихонову). Множество корректности. Существенно некорректные задачи. Регуляризирующий оператор (регуляризирующий алгоритм). Точное решение, псевдорешение, нормальное решение. Функционал Тихонова. Стабилизирующий функционал, Параметр регуляризации. Существование и единственность решения задачи минимизации функционала Тихонова.

Тема 7. Задача минимизации сглаживающего функционала. Уравнение Эйлера. Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма 1 рода. Определение параметра регуляризации по невязке (1 час).

Задача минимизации сглаживающего функционала. Уравнение Эйлера. Вид нормального решения. Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма 1 рода. Сглаживающий, стабилизирующий функционал. Уравнение Тихонова. Определение

параметра регуляризации по невязке. Вычислительная практика определения параметра регуляризации.

Тема 8. Метод подбора решения. Устойчивость метода, сходимость. Метод Иванова (1 час).

Задача минимизации невязки. Эффективность метода подбора. Общезначимые требования, при которых метод подбора устойчив. Метод подбора решения для интегрального уравнения Фредгольма 1 рода. Метод Иванова. Понятие квазирешения. Проекция элемента на множество. Достаточные условия существования единственного квазирешения, непрерывно зависящего от правой части.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (34 часа)

Лабораторная работа 1. Метод Рунге. Метод Гаусса (6 часов).

Лабораторная работа 2. Метод конечных элементов (4 часа).

Лабораторная работа 3. Сплайн-разностная схема (4 часа).

Лабораторная работа 4. Метод сплайн-коллокации на основе В-сплайнов (4 часа).

Лабораторная работа 5. Методы расщепления (8 часов).

Лабораторная работа 6. Интегральные уравнения 2 рода (4 часа).

Лабораторная работа 7. Интегральные уравнения 1 рода (4 часа).

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Вариационные и проекционные методы численного решения задач математической физики	УК-3; ОПК-1; ОПК-3; ОПК-5 ОПК-6	Знает методы разработки вычислительных алгоритмов для решения современных задач математической физики, теоретические основы и методы, используемые для анализа задач математической физики, построения и исследования соответствующих математических моделей, основные	коллоквиум (УО-2).	1 - 13

			<p>принципы математического моделирования в современном естествознании, технике и социальных науках, базовые методы и математические модели в выбранной предметной области, теорию и методы вычислительного эксперимента; современные компьютерные технологии</p>		
			<p>Умеет употреблять специальную математическую символику для анализа задач математической физики, анализировать результаты и оценивать погрешность численного решения, разрабатывать алгоритмы численного решения современных задач математической физики; вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий, выбирать необходимые методы исследования, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний, представлять итоги проделанной</p>	<p>Лабораторная работа (ПР-6)</p>	<p>Отчет по лабораторной работе</p>

			<p>работы в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати</p>		
			<p>владеет навыками применения математических пакетов при численном решении прикладных задач, навыками самостоятельной организации и планирования научно-исследовательской деятельности, навыками использования современных программных средств решения математических задач и визуализации результатов</p>	Лабораторная работа (ПР-6)	Отчет по лабораторной работе
2	<p>Методы расщепления решения многомерных нестационарных задач</p>	<p>УК-3; ОПК-1; ОПК-3; ОПК-5 ОПК-6</p>	<p>знает способы построения и анализа свойств схем расщепления решения многомерных нестационарных задач, методы разработки вычислительных алгоритмов для решения современных задач математической физики, теоретические основы и методы, используемые для анализа задач математической физики, построения и исследования соответствующих математических моделей, основные принципы</p>	<p>коллоквиум (УО-2).</p>	<p>14 - 21</p>

		<p>математического моделирования в современном естествознании, технике и социальных науках, базовые методы и математические модели в выбранной предметной области, теорию и методы вычислительного эксперимента; современные компьютерные технологии</p>		
		<p>умеет употреблять специальную математическую символику для анализа задач математической физики, анализировать результаты и оценивать погрешность численного решения, разрабатывать алгоритмы численного решения современных задач математической физики; вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий, выбирать необходимые методы исследования, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний, представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, оформленных в</p>	<p>Лабораторная работа (ПР-6)</p>	<p>Отчет по лабораторной работе</p>

			соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати		
			владеет практическим опытом решения многомерных нестационарных задач, навыками применения математических пакетов при численном решении прикладных задач, навыками самостоятельной организации и планирования научно-исследовательской деятельности, навыками использования современных программных средств решения математических задач и визуализации результатов	Лабораторная работа (ПР-6)	Отчет по лабораторной работе
3	Численные методы решения интегральных уравнений	УК-3; ОПК-1; ОПК-3; ОПК-5 ОПК-6	знает основные понятия интегральных операторов, методы разработки вычислительных алгоритмов для решения современных задач математической физики, теоретические основы и методы, используемые для анализа задач математической физики, построения и исследования соответствующих математических моделей, основные принципы математического моделирования в	коллоквиум (УО-2).	22-35

		<p>современном естествознании, технике и социальных науках, базовые методы и математические модели в выбранной предметной области, теорию и методы вычислительного эксперимента; современные компьютерные технологии</p>		
		<p>умеет употреблять специальную математическую символику для анализа задач математической физики, анализировать результаты и оценивать погрешность численного решения, разрабатывать алгоритмы численного решения современных задач математической физики; вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий, выбирать необходимые методы исследования, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний, представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися</p>	<p>Лабораторная работа (ПР-6)</p>	<p>Отчет по лабораторной работе</p>

			требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати		
			владеет практическим опытом решения интегральных уравнений, навыками применения математических пакетов при численном решении прикладных задач, навыками самостоятельной организации и планирования научно-исследовательской деятельности, навыками использования современных программных средств решения математических задач и визуализации результатов	Лабораторная работа (ПР-6)	Отчет по лабораторной работе

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Амосов А.А. Вычислительные методы / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. – СПб.: Лань, 2014. – 672с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42190

2. Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. – СПб: Лань, 2010. – 400с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=537
3. Волков, К.Н., Емельянов В.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. – М.: Физматлит, 2012. – 468с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59637
4. Волков, Е.А. Численные методы / Е.А. Волков. – СПб.: Лань, 2008. – 256с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=54
5. Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2013. – 240с.
6. Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – СПб: Лань, 2011. – 672с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2025
7. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум для академического бакалавриата по физико-техническим направлениям и специальностям / В. Е. Зализняк. — Москва: Юрайт, 2017 — 356 с.
8. Копчёнова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах, 2-е изд - Лань, 2009, 367 с.
9. В. И. Киреев, А. В. Пантелеев Численные методы в примерах и задачах Изд.: Высшая школа, 2008 г. – 480 с.
10. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике: Учебное пособие - М: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 523 с: ил., табл.- (Серия «Основы информационных технологий»)
11. Шевцов, Г. С., Крюкова О.Г., Мызникова Б. И. Численные методы линейной алгебры / Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова. –

СПб.: Лань, 2011. –
496с.http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1800

Дополнительная литература

1. Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб / Н.Н. Калиткин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 586с.<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350803>
2. Верлань А.Ф. Интегральные уравнения. – Киев: Наукова думка, 1986 г.
3. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980 г.
4. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. М.: Наука, 1984
5. . Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы: В 2-х т.-М.: Наука, 1976-1977.
6. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1980.
7. Самарский А.А. Введение в численные методы. М.: Наука, 1982..
8. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1980.
9. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики, М.: Наука, 1970.
- 10.Ильин В.П., Кузнецов Ю.И. Алгебраические основы численного анализа. Новосибирск: Наука, АН СССР СО ВЦ, 1986.
- 11.Колобов А.Г. Метод сплайн-коллокации. Методические указания- Владивосток, 1998
- 12.. Колобов А.Г. Сплайн-функции. Методические указания- Владивосток, 1999 г.
- 13.Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы-М.: Наука,1989. 432 с.
- 14.Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Лабораторный практикум по курсу “Численные методы и методы вычислений и выч. практикум”. Владивосток: ДВГУ, 1991.

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

1. <http://window.edu.ru/resource/756/77756> Берков Н.А., Елисеева Н.Н. Математический практикум с применением пакета Mathcad: Учебное пособие. - М: МГИУ, 2006. - 135 с.
2. <http://window.edu.ru/resource/203/75203> Кузнецов, Г.В. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие / Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2007. - 172 с.
3. <http://window.edu.ru/resource/041/74041> Фаддев М.А., Марков К.А. Численные методы: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 158 с.
4. <http://window.edu.ru/resource/958/40958> Корнюшин П.Н. Численные методы: Учебное пособие. - Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2002. - 104 с.
5. <http://window.edu.ru/resource/091/62091> Вычислительная математика. Часть первая: Учебное пособие для студентов дневного и заочного обучения технических и химико-технологических специальностей. - Ангарск: АГТА, 2003. - 82 с.
6. <http://window.edu.ru/resource/156/71156> Гладких О.Б., Прокуратова О.Н. Введение в численные методы: Учебно-методическое пособие. - Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2008. - 140 с.

**Перечень информационных технологий
и программного обеспечения**

1. Операционная система Windows.
2. MicrosoftOffice.
3. Компилятор с СИ++.
4. Пакет прикладных программ Mathematica.
5. Пакет прикладных программ Matlab.
6. Пакет прикладных программ Mathcad.

7. Пакет прикладных программ Maple.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины. Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день после лекции – 10-15 минут.

Повторение лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

Подготовка к лабораторному занятию и работе в компьютерном классе – 1 час.

Тогда общие затраты времени на освоение курса «Математическое и компьютерное моделирование» студентами составят около 2,5 часа в неделю.

2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»). При изучении дисциплины следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10-15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время для работы со специальной литературой в библиотеке и для занятий на компьютере (по 1 часу).

4. При подготовке к лабораторным занятиям следующего дня необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме домашнего задания. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи. Если это не дало результатов, и Вы сделали задачу «по образцу» аудиторной задачи, или из методического пособия, нужно после решения такой задачи обдумать ход решения и опробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

3. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса. Рекомендуется использовать методические указания и материалы по курсу «Математическое и компьютерное моделирование», текст лекций, а также электронные пособия, имеющиеся на сервере Школы естественных наук.

4. Рекомендации по работе с литературой. Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекций изучаются и книги. Литературу по курсу желательно изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников, однако легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться понимания изучаемой темы дисциплины. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе и попробовать ответить на следующие вопросы: о чем эта глава, какие новые понятия в ней введены.

5. Советы по подготовке к зачету с оценкой. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем

дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий и численных методов, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.

6. Указания по организации работы с контрольно-измерительными материалами. При подготовке к лабораторной работе или коллоквиуму необходимо сначала прочитать теорию по каждой теме. Отвечая на поставленный вопрос, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общий план решения.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория: мультимедийный проектор OptimaEX542I – 1 шт.; аудио усилитель QVC RMX 850 – 1 шт.; колонки – 1 шт.; ноутбук; ИБП – 1 шт.; настенный экран; микрофон – 1 шт.
2. Компьютерные классы ДВФУ (кампус на о. Русском, Аякс 10, корпус D, ауд. 733, 733а) по 15 персональных компьютеров ExtremeDOUE 8500/500 GB/ DVD+RW.
3. Системное и прикладное обеспечение ПЭВМ.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	8.09.23– 19.09.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе: Метод Ритца. Метод Галеркина.	8 часов	лабораторная работа
2	22.09.23– 4.10.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе: Метод конечных элементов.	6 часов	лабораторная работа
3	7.10.23– 11.10.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе: Сплайн-разностная схема.	6 часов	лабораторная работа
4	14.10.23– 25.10.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе: Метод сплайн-коллокации на основе В-сплайнов.	8 часов	лабораторная работа
5	28.10.23– 1.11.23	Подготовка к коллоквиуму «Вариационные и проекционные методы численного решения задач математической физики»	10 часов	Коллоквиум
6	4.11.23– 15.11.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе:	6 часов	лабораторная работа

		Методы расщепления		
7	18.11.23– 22.11.23	Подготовка к коллоквиуму «Методы расщепления решения многомерных нестационарных задач»	10 часов	Коллоквиум
8	25.11.23– 29.11.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе: Интегральные уравнения 2 рода.	6 часов	лабораторная работа
9	2.12.23– 13.12.23	Работа над конспектом лекции, подготовка к лабораторной работе: Интегральные уравнения 1 рода	6 часов	лабораторная работа
10	16.12.23– 27.12.23	Подготовка к коллоквиуму «Численные методы решения интегральных уравнений»	10 часов	Коллоквиум
11	Сессия	Подготовка к зачету	36 часов	Зачет с оценкой

**Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся
и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа студентов состоит из подготовки к лабораторным работам в компьютерном классе, работы над рекомендованной литературой и текстами лекций в процессе изучения теоретического материала.

Темы заданий для самостоятельной работы представлены в плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи. Рекомендуется использовать методические указания и материалы по курсу «Математическое и компьютерное моделирование», текст лекций, а также электронные пособия, имеющиеся на сервере Школы естественных наук.

При подготовке к коллоквиумам дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. Отвечая на поставленный вопрос, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать.

При подготовке к зачету с оценкой нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий и численных методов, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результатом самостоятельной работы являются отчеты по лабораторным работам.

В процессе подготовки отчетов к лабораторным работам у студентов развиваются навыки составления письменной документации и систематизации имеющихся знаний. При составлении отчетов рекомендуется придерживаться следующей структуры:

- Постановка задачи;

- Метод решения;
- Алгоритм метода;
- Спецификация используемых функций и типов данных;
- Описание тестов, на которых программа проходила проверку;
- Результаты численного эксперимента.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Отчет по лабораторной работе должен полностью удовлетворять условию задачи. В случае некачественно выполненных отчетов (не соответствующих заявленным требованиям) результирующий балл за работу может быть снижен. Студент должен продемонстрировать отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Наличие всех отчетов является необходимым условием получения зачета с оценкой.

На зачете оценка «отлично» выставляется студенту, если он 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 и 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.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он 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.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он 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.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка по дисциплине может быть выставлена по результатам коллоквиумов. При этом критерии оценки те же, что и на зачете с оценкой.

Вопросы к зачету с оценкой

1. Вариационные методы математической физики. Уравнение Эйлера.
2. Пространства Соболева.
3. Метод Рунге.
4. Метод Галеркина.
5. Теорем об эквивалентности решения вариационной задачи и операторного уравнения.
6. Метод конечных элементов. Общие положения.
7. Метод конечных элементов решения краевой задачи 1.
8. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2(Разбиение области на треугольники).
9. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2(Разбиение области на прямоугольники).
10. Метод сплайн-коллокации. Общие положения.
11. Сплайн-разностная схема.
12. Метод сплайн-коллокации на основе В-сплайнов.
13. Построение схем повышенной точности метода сплайн-коллокации.

14. Методы расщепления, устойчивость, лемма Келлога.
15. Схема Кранка – Николсона, аппроксимация, устойчивость для однородной задачи.
16. Схема Кранка – Николсона, аппроксимация, устойчивость для неоднородной задачи.
17. Метод покомпонентного расщепления.
18. Метод двуциклического покомпонентного расщепления.
19. Метод стабилизации.
20. Метод предиктор - корректор.
21. Двумерное уравнение движения.
22. Интегральные уравнения, классификация. Общая характеристика методов решения.
23. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 2 рода.
24. Метод квадратур решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
25. Метод вырожденных ядер решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
26. Проекционные методы решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
27. Методы сведения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода к интегральному уравнению Вольтерра 2 рода.
28. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода. Особенности дискретизации.
29. Интегральные уравнения Фредгольма 1 рода, общая характеристика, корректность по Адамару.
30. Метод регуляризации Тихонова. Корректность по Тихонову, регуляризирующий оператор.
31. Метод регуляризации Тихонова. Псевдорешение, нормальное решение, сглаживающий функционал.

32. Задача минимизации сглаживающего функционала. Уравнение Эйлера.
33. Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма 1 рода. Определение параметра регуляризации по невязке.
34. Метод подбора решения. Устойчивость метода, сходимость.
35. Метод Иванова.

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ в форме коллоквиумов, контрольных и лабораторных работ по оцениванию фактических результатов обучения студентов. Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками;
- результаты самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ в виде зачета с оценкой в устной форме (по результатам выполнения лабораторных работ и ответов на вопросы при собеседовании).

Критерии выставления оценки студенту на зачете с оценкой по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование»

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он 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 и 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.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он 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.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он 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.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по дисциплине.

Вопросы для подготовки к зачету

1. Вариационные методы математической физики. Уравнение Эйлера.
2. Пространства Соболева.
3. Метод Рунге.
4. Метод Галеркина.
5. Теорем об эквивалентности решения вариационной задачи и операторного уравнения.
6. Метод конечных элементов. Общие положения.
7. Метод конечных элементов решения краевой задачи 1.
8. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2(Разбиение области на треугольники).
9. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2(Разбиение области на прямоугольники).
10. Метод сплайн-коллокации. Общие положения.
11. Сплайн-разностная схема.
12. Метод сплайн-коллокации на основе В-сплайнов.
13. Построение схем повышенной точности метода сплайн-коллокации.
14. Методы расщепления, устойчивость, лемма Келлога.

- 15.Схема Кранка – Николсона, аппроксимация, устойчивость для однородной задачи.
- 16.Схема Кранка – Николсона, аппроксимация, устойчивость для неоднородной задачи.
- 17.Метод покомпонентного расщепления.
- 18.Метод двуциклического покомпонентного расщепления.
- 19.Метод стабилизации.
- 20.Метод предиктор - корректор.
- 21.Двумерное уравнение движения.
- 22.Интегральные уравнения, классификация. Общая характеристика методов решения.
- 23.Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 2 рода.
- 24.Метод квадратур решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
- 25.Метод вырожденных ядер решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
- 26.Проекционные методы решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
- 27.Методы сведения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода к интегральному уравнению Вольтерра 2 рода.
- 28.Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода. Особенности дискретизации.
- 29.Интегральные уравнения Фредгольма 1 рода, общая характеристика, корректность по Адамару.
- 30.Метод регуляризации Тихонова. Корректность по Тихонову, регуляризирующий оператор.
- 31.Метод регуляризации Тихонова. Псевдорешение, нормальное решение, сглаживающий функционал.
- 32.Задача минимизации сглаживающего функционала. Уравнение Эйлера.
- 33.Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма 1 рода. Определение параметра регуляризации по невязке.
- 34.Метод подбора решения. Устойчивость метода, сходимость.
- 35.Метод Иванова.

Вопросы для коллоквиумов

Коллоквиум № 1 «Вариационные и проекционные методы численного решения задач математической физики»

1. Вариационные методы математической физики. Уравнение Эйлера.
2. Пространства Соболева.
3. Метод Рунге.
4. Метод Галеркина.
5. Теорем об эквивалентности решения вариационной задачи и операторного уравнения.
6. Метод конечных элементов. Общие положения.
7. Метод конечных элементов решения краевой задачи 1.
8. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2(Разбиение области на треугольники).
9. Метод конечных элементов решения краевой задачи 2(Разбиение области на прямоугольники).
10. Метод сплайн-коллокации. Общие положения.
11. Сплайн-разностная схема.
12. Метод сплайн-коллокации на основе В-сплайнов.
13. Построение схем повышенной точности метода сплайн-коллокации.

Коллоквиум № 2 «Методы расщепления решения многомерных нестационарных задач»

1. Методы расщепления, устойчивость, лемма Келлога.
2. Схема Кранка – Николсона, аппроксимация, устойчивость для однородной задачи.
3. Схема Кранка – Николсона, аппроксимация, устойчивость для неоднородной задачи.
4. Метод покомпонентного расщепления.
5. Метод двуциклического покомпонентного расщепления.
6. Метод стабилизации.
7. Метод предиктор - корректор.

8. Двумерное уравнение движения.

Коллоквиум № 3 «Численные методы решения интегральных уравнений»

1. Интегральные уравнения, классификация. Общая характеристика методов решения.
2. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 2 рода.
3. Метод квадратур решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
4. Метод вырожденных ядер решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
5. Проекционные методы решения интегрального уравнения Фредгольма 2 рода.
6. Методы сведения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода к интегральному уравнению Вольтерра 2 рода.
7. Метод квадратур решения интегрального уравнения Вольтерра 1 рода. Особенности дискретизации.
8. Интегральные уравнения Фредгольма 1 рода, общая характеристика, корректность по Адамару.
9. Метод регуляризации Тихонова. Корректность по Тихонову, регуляризирующий оператор.
10. Метод регуляризации Тихонова. Псевдорешение, нормальное решение, сглаживающий функционал.
11. Задача минимизации сглаживающего функционала. Уравнение Эйлера.
12. Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма 1 рода. Определение параметра регуляризации по невязке.
13. Метод подбора решения. Устойчивость метода, сходимость.
14. Метод Иванова.

Вопросы к теоретическим контрольным работам

Вариационные методы

1. Понятие ε -окрестности функции
2. Формулировка задачи вариационного исчисления
3. Вариация функционала (первая, вторая)
4. Уравнение Эйлера
5. Первая краевая задача
6. Вторая краевая задача
7. Одномерное пространство Соболева
8. Норма в одномерном пространстве Соболева
9. Двумерное пространство Соболева
10. Норма в двумерном пространстве Соболева
11. Обобщенное решение
12. Формулировка метода Рунге
13. Система Рунге, свойства её матрицы
14. Формулировка метода Галеркина

МКЭ и МСК

1. Понятие конечного элемента
2. Свойства конечных элементов в МКЭ
3. Базис из функций с минимальными носителями в одномерном пространстве
4. Условия коллокации, узлы коллокации
5. Количество и расположение узлов коллокации
6. Сплайн-разностная схема (условия коллокации, этапы поиска u_i , M_i)
7. Теорема о погрешности аппроксимации МСК (формулировка)
8. Выбор узлов коллокации в схемах повышенной точности (пример)
9. Основные свойства схем МСК

Схема Кранка-Николсон

1. Определение устойчивости разностной схемы
2. Доказательство неравенства $\|(E + \sigma A)^{-1}\| \leq 1$
3. Доказательство леммы Келлога

4. Схема Кранка-Николсон как результат применения схем первого порядка
5. Доказательство устойчивости схемы Кранка-Николсон для однородного уравнения
6. Доказательство устойчивости схемы Кранка-Николсон для неоднородного уравнения
7. Порядок аппроксимации схемы Кранка-Николсон для однородного уравнения

Методы расщепления

1. Доказательство устойчивости метода покомпонентного расщепления
2. Формулировка метода двуциклического покомпонентного расщепления
3. Доказательство аппроксимации схемы метода стабилизации
4. Формулировка метода предиктор-корректор

Интегральные уравнения II рода

1. Основные типы интегральных уравнений (ИУ)
2. Общая характеристика прямых методов решения ИУ
3. Общая характеристика итерационных методов решения ИУ
4. Метод квадратур решения уравнения Вольтерра II рода
5. Метод простой итерации решения уравнения Вольтерра II рода
6. Метод квадратур решения уравнения Фредгольма II рода
7. Схема метода вырожденных ядер решения уравнения Фредгольма II рода
8. Формулировка метода наименьших квадратов решения уравнения Фредгольма II рода
9. Формулировка метода Бубнова-Галеркина решения уравнения Фредгольма II рода
10. Формулировка метода коллокации решения уравнения Фредгольма II рода

Интегральные уравнения I рода

1. Преобразование уравнения Вольтерра I рода к уравнению Вольтерра II рода (1 способ)
2. Преобразование уравнения Вольтерра I рода к уравнению Вольтерра II рода (2 способ)
3. Особенности применения метода квадратур для уравнения Вольтерра I
4. Понятие корректности по Адамару
5. Основная причина неустойчивости решения уравнения Фредгольма I рода
6. Понятие корректности по Тихонову
7. Определение регуляризирующего оператора
8. Понятие точного решения, псевдорешения, нормального решения
9. Функционал Тихонова
10. Решение задачи минимизации функционала Тихонова
11. Определение параметра регуляризации по невязке

Критерии выставления оценки по результатам коллоквиума:

«отлично» - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

«хорошо» - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

«удовлетворительно» - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

«неудовлетворительно» - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Типовые задания для лабораторных работ

Задание1.

1. Построить систему Рунца методом Рунца.
2. Найти решение системы с использованием пакетов Mathematica или Maple.
3. Вывести в файл результатов "rez.txt" полученные результаты и погрешности решения.

Задание2.

1. Построить систему уравнений в методе Галеркина.
2. Найти решение системы с использованием пакетов Matlab или Mathcad.

3. Вывести в файл результатов "rez.txt" полученные результаты и погрешности решения.

Задание3.

1. Построить систему уравнений в методе конечных элементов.

2. Найти решение системы с использованием пакетов Matlab или Mathcad.

3. Вывести в файл результатов "rez.txt" полученные результаты и погрешности решения.

Задание4.

1. Построить систему уравнений в методе сплайн-коллокации (сплайн-разностная схема).

2. Найти решение системы с использованием пакетов Mathematica или Maple

3. Вывести в файл результатов "rez.txt" полученные результаты и погрешности решения.

Задание5.

1. Построить систему уравнений в методе сплайн-коллокации (на основе B-сплайнов).

2. Найти решение системы с использованием пакетов Matlab или Mathcad.

3. Вывести в файл результатов «rez.txt» полученные результаты и погрешности решения.

Этапы выполнения работы.

1. Провести исследование возможности применения вариационных методов к решению данной задачи. Выполнить необходимые преобразования.

2. Провести алгоритмизацию задачи и создать программу решения системы линейных алгебраических уравнений по методу, приложенному в

задание. Программа должна учитывать структуру ввода и вывода исходных данных в соответствующий пакет программ лабораторной работы.

3. Запустить свою программу из программы лабораторной работы и сравнить результаты работы своей программы и программы, встроенной в пакет.

4. Сравнить полученные результаты с точным решением. Сделать вывод о полученных результатах.

5. Используя полученную численную и графическую информацию, ответить на контрольные вопросы.

6. Оформить отчет, содержащий основные результаты работы.

В письменном отчете должны содержаться:

- Постановка задачи;
- Метод решения;
- Алгоритм метода;
- Спецификация используемых функций и типов данных;
- Описание тестов, на которых программа проходила проверку;
- Результаты численного эксперимента.

Критерии оценивания лабораторной работы

Результатом лабораторной работы является отчет по лабораторной работе.

В процессе подготовки отчетов к лабораторным работам у студентов развиваются навыки составления письменной документации и систематизации имеющихся знаний.

Отчет по лабораторной работе должен полностью удовлетворять условию задачи. В случае некачественно выполненных отчетов (не соответствующих заявленным требованиям) результирующий балл за работу может быть снижен. Студент должен продемонстрировать отчетливое и

свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Наличие всех отчетов является допуском к зачету.