

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор института прикладной
математики и компьютерных наук


А.В. Замятин
« 11 » ноября 2021 г.

Численные методы

рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>прикладной математики</i>
Учебный план	<i>01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Прикладная математика и информатика»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>7 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>252</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>133,7</i>
самостоятельная работа	<i>111,55</i>
Вид контроля в семестрах	
экзамен/зачет/зачет с оценкой	<i>Семестр 5 – зачет</i> <i>Семестр 6 – зачет с оценкой</i>

Программу составили:

к.т.н., доцент,

доцент кафедры прикладной математики

и

к.т.н., доцент,

доцент кафедры прикладной математики

Рецензент:

д.т.н., профессор,

профессор кафедры прикладной математики

Г.Н. Решетникова

Т.И. Грекова

К.И. Лившиц

Рабочая программа дисциплины «Численные методы» разработана в соответствии с самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика (Утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 27.10.2021 г. № 08).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры прикладной математики

Протокол от 10.06.2021 г. № 11

Заведующий кафедрой прикладной математики,

д.т.н., профессор

А.М. Горцев

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17.06.2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,

д.т.н., профессор

С.П. Сущенко

Цель освоения дисциплины

Цель – привить навыки работы с учебной литературой по численным методам решения прикладных задач, уметь определять наилучший алгоритм для решения конкретной задачи, знать методы оценивания погрешности полученного решения.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы» относится к обязательной части Общепрофессионального цикла Блока 1 «Дисциплины».

Для освоения дисциплины необходимо знать дифференциальное и интегральное исчисления, методы оптимизации, математическую статистику.

Пререквизиты дисциплины: «Математический анализ I-III», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия I-II», «Методы оптимизации», «Математическая статистика».

Постреквизиты дисциплины: учебная и производственная практики «Научно-исследовательская работа».

2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор общепрофессиональной компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, использовать их в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Демонстрирует навыки работы с учебной литературой по основным естественнонаучным и математическим дисциплинам. ИОПК-1.2. Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых и естественнонаучных дисциплин. ИОПК-1.3. Демонстрирует навыки использования основных понятий, фактов, концепций, принципов математики, информатики и естественных наук для решения практических задач, связанных с прикладной математикой и информатикой. ИОПК-1.4. Демонстрирует понимание и навыки применения на практике математических моделей и компьютерных технологий для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности.	ОР-1.1. Обучающийся сможет: - находить в учебной литературе по численным методам необходимую информацию относительно темы исследований; - критически оценивать найденную информацию. ОР-1.2. Обучающийся сможет: - доказывать возможность использования стандартных алгоритмов для решения конкретных задач, - решать типовые задачи с использованием численных методов. ОР-1.3. Обучающийся сможет: - использовать основные понятия, алгоритмы для решения практических задач, связанных с прикладной математикой и информатикой. ОР-1.4. Обучающийся сможет: - определять необходимость применения тех или иных математических моделей и компьютерных технологий для решения поставленной задачи; - применять на практике необходимые математические модели и компьютерные технологии для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности.
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для	ИОПК-2.2. Проявляет навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации. ИОПК-2.3. Демонстрирует умение	ОР-2.2. Обучающийся сможет: - использовать основные языки программирования, методы разработки программ. - использовать существующие стандарты при оформлении программной документации. ОР-2.3. Обучающийся сможет:

разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.	отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи. ИОПК-2.4. Демонстрирует умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретных прикладных задач.	- отобрать среди существующих математических методов наиболее подходящие для решения конкретной прикладной задачи, - доказать возможность решения прикладной задачи при использовании конкретного численного метода. ОР-1.4. Обучающийся сможет: - определять необходимость применения тех или иных математических моделей и компьютерных технологий для решения поставленной задачи; - применять на практике необходимые математические модели и компьютерные технологии для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности.
ОПК-4. Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием существующих информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	ИОПК-4.2. Демонстрирует навыки использования научных и образовательных ресурсов сети Интернет для разработки программ и программной документации с учетом требований информационной безопасности. ИОПК-4.4. Демонстрирует умение составлять научные обзоры, рефераты и библиографии по тематике научных исследований.	ОР-4.2. Обучающийся сможет: - находить в сети Интернет необходимую информацию относительно темы исследований; - критически оценивать найденную информацию. ОР-4.4. Обучающийся сможет: - составлять научные обзоры, рефераты и библиографии по тематике научных исследований.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах		
	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоемкость	72	108	180
Контактная работа:	33,85	35,85	69,7
Лекции (Л):	32	32	64
Практики (ПЗ)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Семинары (СЗ)			
Групповые консультации		2	2
Индивидуальные консультации	1,6	1,6	3,2
Промежуточная аттестация	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа обучающегося:	38,15	72,15	110,3
- изучение учебного материала, публикаций	18,15	35	53,15
- подготовка к коллоквиумам	20		20
- подготовка к рубежному контролю по теме/разделу		37,15	37,15
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	Зачет	Зачет с оценкой	

3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	Часы в электронной форме	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
	Тема 1. Введение		5		№ 1, № 3, № 6	ОР-1.1
1.1.	Роль численных методов в использовании информационных технологий для решения прикладных задач в различных областях науки, техники, экономики и т.д. Необходимость знания численных методов при разработке пакетов и комплексов прикладных программ. Основные требования, предъявляемые к решаемым задачам и вычислительным алгоритмам.	Лекции		1		
	Тема 2. Основные понятия теории погрешностей.		5		№ 1, № 6, № 8	ОР-1.1, ОР-1.2, ОР-1.3, ОР-1.4.
2.1.	Источники погрешностей. Классификация погрешностей. Математические оценки точности приближенных чисел. Погрешность при записи чисел в ЭВМ. Верные знаки приближенного числа. Вывод формул для определения погрешностей вычисления функций многих переменных. Примеры. Обратная задача теории погрешности. Полная погрешность.	Лекции		2		
	Тема 3. Приближение данных.		5		№1, №3, №4, №5, №6, №8	ОР-2.2, ОР-2.3, ОР-2.4. ОР-1.2, ОР-1.3, ОР-4.2, ОР-4.4.
3.1.	Раздел 3.1 Интерполирование по неравноотстоящим узлам.	Лекции		5		

	<p>Постановка задачи интерполирования. Требования, предъявляемые к интерполяционной функции. Многочлен Лагранжа. Определение абсолютной и относительной погрешности многочлена Лагранжа. Схема Эйткена. Определения абсолютной и относительной погрешности схемы Эйткена. Разностные отношения и их свойства. Вывод формулы Ньютона для неравноотстоящих узлов. Остаточный член (погрешность) многочлена Лагранжа. Многочлен Чебышева и его свойства. Применение многочлена Чебышева при интерполировании. Зависимость погрешности интерполирования от положения точки интерполирования. Многочлены наилучшего равномерного приближения. Экономизация степенных рядов. Интерполяционный многочлен Эрмита.</p>					
3.2.	<p>Раздел 3.2 Интерполирование по равноотстоящим узлам. Конечные разности и их свойства. Формулы Ньютона вперед и назад. Формулы Гаусса вперед и назад. Формулы Стирлинга и Бесселя. Влияние вычислительной погрешности (понятие правильных разностей). Оценки погрешности метода и вычислительной погрешности. Сходимость интерполяционных процессов. Обратное интерполирование.</p>	Лекции		2		
3.3.	<p>Раздел 3.3. Приближение данных при использовании сплайн-функций. Основные определения. Линейный</p>	Лекции		4		

	сплайн. Параболический сплайн. Кубический сплайн. Эрмитов сплайн. Примеры использования методов приближения данных при моделировании для нестационарных моделей объектов.					
3.4.	Раздел 3.4. Приближение данных методом наименьших квадратов. Постановка задачи. Аппроксимация данных при использовании алгебраических полиномов, ортогональных полиномов, ортогональных полиномов дискретной переменной.	Лекции			4	
3.5.	Раздел 3.5. Приближение многомерных данных. Построение интерполяционных многочленов. Метод последовательного интерполирования. Применение метода наименьших квадратов.	Лекции			1	
	Тема 4. Численное дифференцирование		5			№1, №4, №7, №8 ОП-2.3, ОП-2.4.
4.1.	Раздел 4.1. Численное дифференцирование при неравноотстоящих узлах. Вычисление первой и второй производной при использовании формул Лагранжа и Ньютона.	Лекции			1	
4.2.	Раздел 4.2. Численное дифференцирование при равноотстоящих узлах. Вычисление погрешности метода и неустранимой для различных интерполяционных формул.	Лекции			1	
4.3.	Раздел 4.3. Оценка погрешности приближений по правилу Рунге. Метод квадратурных формул. Примеры использования формул численного дифференцирования для	Лекции			1	

	решения прикладных задач.					
	Тема 5. . Численное интегрирование.		5			№ 1, № 2, № 3, № 4, № 6, № 7, № 8
5.1.	Раздел 5.1. Общая интерполяционная квадратура. Теорема о точности квадратурного правила. Формулы Ньютона-Котеса и их свойства. Вывод формул прямоугольников (левых, правых, средних), трапеций, Симпсона. Оценка погрешности по правилу Рунге.	Лекции			2	OP-1.1, OP-1.2, OP-1.3, OP-1.4.,OP-2.3, OP-4.2
5.2.	Раздел 5.2. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Теоремы о свойствах квадратурных формул наивысшей алгебраической степени точности. Частные случаи квадратурного правила наивысшей алгебраической степени точности.	Лекции			2	
5.3	Раздел 5.3. Квадратурные правила с равными коэффициентами. Квадратурные правила Чебышева.	Лекции			1	
5.4.	Раздел 5.4. Кубатурные формулы вычисления кратных интегралов. Приближенное вычисление несобственных интегралов. Приближенное вычисление неопределенных интегралов.	Лекции			1	
5.5.	Раздел 5.5. Простейший метод Монте-Карло вычисления одномерного и многомерного интегралов.	Лекции			2	
5.6.	Раздел 5.6. Геометрический метод Монте-Карло вычисления одномерного и многомерного интегралов.	Лекции			2	
	Промежуточная аттестация в форме зачета	Зачет	5		0,25	

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание /	Вид учебной работы, занятий, контроля	Семестр	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
1	Раздел 1. Методы численного решения трансцендентных уравнений и систем нелинейных уравнений.		6	4	№№9-13	ОП-1.1 – ОП-1.4, ОП-2.2, ОП-2.3, ОП-2.4, ОП-4.2, ОП-4.4
1.1.	Графическое отделение корней и метод дихотомии. Метод хорд и касательных. Метод простой итерации и условие сходимости. Метод Ньютона и модификации итерационных методов.	Лекции		2		
1.2.	Решение систем нелинейных уравнений. Метод простой итерации. Метод Ньютона. Метод Лобачевского для определения корней полиномиального уравнения.	Лекции		2		
2	Раздел 2. Нахождение собственных значений и собственных векторов матриц.	Лекции	6	14	№№9-13	ОП-1.1 – ОП-1.4, ОП-2.2, ОП-2.3, ОП-2.4, ОП-4.2, ОП-4.4
2.1	Методы решения полной проблемы собственных значений матриц и методы решения частичной проблемы собственных значений. Методы определения собственных векторов матриц. Методы, применимые для произвольных матриц и матриц специального вида. Прямые методы, которые сводятся к определению корней собственного многочлена, и итерационные методы	Лекции		4		

2.2	Метод Данилевского А.М. определения собственных чисел и собственных векторов матрицы.	Лекции		2		
2.3	Метод Леверье. Метод Фаддеева Д.К. Метод Крылова А.Н. Определение собственных векторов матриц по методу А.Н. Крылова.	Лекции		2		
2.4	Итерационный метод вращений определения собственных чисел и собственных векторов симметричной матрицы.			2		
2.5	Определение максимального собственного числа и соответствующего собственного вектора матрицы. Степенной метод. Метод λ -разности определения второго по модулю собственного числа.	Лекции		2		
2.6	QR- алгоритм определения собственных чисел произвольной матрицы.	Лекции		2		
3	Раздел 3. Решение систем линейных алгебраических уравнений	Лекции		14	№№9-13	OP-1.1 – OP-1.4, OP-2.2, OP-2.3, OP-2.4, OP-4.2, OP-4.4
3.1	Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений для систем с произвольными матрицами, матрицами специального вида и плохо обусловленными матрицами. Нормы векторов и матриц. Теоремы о сходимости матричной геометрической прогрессии.	Лекции		4		

3.2	Метод простой итерации, методы Зейделя. Теоремы о сходимости.	Лекции		2		
3.3	Градиентные методы. Метод наискорейшего спуска. Условия сходимости алгоритмов	Лекции		2		
3.3	Градиентные методы. Метод наискорейшего спуска. Условия сходимости алгоритмов	Лекции		2		
3.4	Анализ погрешности численного решения систем линейных алгебраических уравнений с учётом меры обусловленности матрицы системы.	Лекции		2		
3.5	Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: Гаусса, Якоби, квадратного корня. Метод прогонки для систем с матрицей специального вида.	Лекции		2		
4.	Форма СРС - изучение учебного материала, публикаций, подготовка к коллоквиуму, рубежному контролю по теме/разделу	СРС		110,3		
	Промежуточная аттестация: зачёт с оценкой			0,25		

4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины

Исходным учебным материалом является лекция.

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного и дополнительного материала по конкретной теме, а также подготовку к коллоквиумам и зачету.

Промежуточная аттестация осуществляется на основе успешной сдачи коллоквиумов после каждой темы.

4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания
Основная литература				
1.	В. И. Смагин, Г. Н. Решетникова	Численные методы. Аппроксимация, дифференцирование и интегрирование: учебное пособие, 181 с.	Томск: ТГУ	2008
2.	Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков	Численные методы: [учебное пособие для студентов физико-математических специальностей вузов], 636 с.	Москва: БИНОМ. Лаб. знаний	2011
3.	В. М. Вержбицкий	Основы численных методов: [учебник для студентов вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Прикладная математика"], 849с.	Москва: Высшая школа	2009
Дополнительная литература				
4.	Н. Н. Калиткин; под ред. А. А. Самарского	Численные методы: [учебное пособие для студентов университетов и высших технических учебных заведений] 586 с.	Санкт-Петербург: БХВ-Петербург	2011
5.	Власов А. А.	Вычислительная математика: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям "Информатика и вычислительная техника", "Информационные системы"], 199 с.	Москва: Академия	2010
6.	Г. Н. Решетникова	Моделирование систем: учебное пособие: [для студентов вузов, обучающихся по специальности 220201(220201) "Управление и информатика в технических системах"], 440 с.	Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники	2007
7.	Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З.	Численные методы анализа. Приближение функций,	СПб.: Лань	2008

	Шувалова ; под ред. Б. П. Демидовича	дифференциальные и интегральные уравнения [учебное пособие для вузов], 400 с.		
8.	Е. Н. Жидков	Вычислительная математика: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям "Информатика и вычислительная техника", "Информационные системы"], 199 с.	Москва: Академия	2010
9	Грекова Т.И.	Численные методы Часть 2. Учебное пособие	Томск. Изд-во ТГУ	2009
10	Грекова Т.И.	Вычисление собственных чисел и собственных векторов матриц, решение систем линейных алгебраических уравнений	Издательский Дом Томского университета	2016
11	Шевцов Г.С., Крюкова О.Г., Мызникова Б.И. .	Численные методы линейной алгебры: [учебное пособие для математических направлений и специальностей]	Санкт-Петербург: Лань	2011
12	Калиткин Н.Н.	Численные методы: [учебное пособие для студентов университетов и высших технических учебных заведений] под ред. А. А. Самарского	Санкт-Петербург: БХВ - Петербург	2014
13	Срочко В.А.	Численные методы: курс лекций: [для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" и по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика"]	Санкт-Петербург: Лань http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=378 Электронное издание Доступ к полному тексту документа после регистрации пользователя на сайте http://e.lanbook.com/ в локальной сети ТГУ.	2010

4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. Дан. – СПб., 2010. – URL: <http://e.lanbook.com/>

2. Образовательный математический сайт Math.ru. - <http://www.math.ru>
3. <http://www.exponenta.ru> – «Образовательный математический сайт Exponenta.ru».
4. <http://www.math.ru> – «Образовательный математический сайт Math.ru».
5. http://www.edu_lib/net – Онлайн-библиотека: точные науки.

4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения

Microsoft Office.

4.4. Оборудование и технические средства обучения

Компьютер, проектор.

5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Все необходимое учебно-методическое обеспечение по дисциплине представлено в печатном и электронном виде в библиотеке ТГУ.

6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину

Решетникова Галина Николаевна, к.т.н, доцент, доцент кафедры прикладной математики НИ ТГУ.

Т.И. Грекова, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики ИПМКН НИ ТГУ.

7. Язык преподавания – русский язык.