

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б.1.Б.20 Численные методы»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

01.03.04 Прикладная математика
(код и наименование направления подготовки)

Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2018

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

формирование теоретических знаний и практических навыков применения численных методов в качестве инструмента математической обработки данных, построения алгоритмов и организации вычислительных процессов на ПЭВМ для формирования компетенций в области построения решений прикладных задач на основе информационных технологий.

Задачи:

- освоить численные методы исследования и решения нелинейных алгебраических уравнений, исследования систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений, решения задач безусловной оптимизации, аппроксимации функций, численного интегрирования и дифференцирования, численного решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений;
- приобрести навыки математической формализации прикладных задач;
- формировать умения и навыки выбора численных методов решения задачи конкретного класса и исследовать свойства полученного численного решения;
- приобрести навыки разработки собственного программного обеспечения и применения стандартных пакетов прикладных программ для решения задач численного анализа.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.10 Математический анализ, Б.1.Б.11 Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Б.1.Б.12 Дискретная математика, Б.1.Б.15 Дифференциальные и разностные уравнения, Б.1.Б.21 Программирование и аппаратные средства электронно-вычислительных машин*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.Б.16 Математические методы и модели исследования операций, Б.1.Б.19 Математическое моделирование, Б.1.Б.22 Случайные процессы и основы теории массового обслуживания, Б.1.В.ОД.11 Краевые задачи для дифференциальных уравнений и численные методы их решения, Б.1.В.ДВ.4.2 Моделирование эколого-экономических систем, Б.1.В.ДВ.5.1 Параллельное программирование, Б.1.В.ДВ.5.2 Распределенное программирование, Б.1.В.ДВ.6.2 Уравнения в частных производных и математические модели в экономике, Б.2.В.У.1 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности, Б.2.В.П.1 Технологическая практика, Б.2.В.П.2 Научно-исследовательская работа, Б.2.В.П.3 Преддипломная практика, Б.4.1 Практикум "Технологии информационного обеспечения научно-исследовательской работы"*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
Знать: теоретические основы численных методов, позволяющие самостоятельно выбирать алгоритмы решения прикладных задач Уметь: самостоятельно выбирать численные методы решения прикладных задач и решать задачи с использованием информационных технологий Владеть: навыками численного решения прикладных задач с использованием информационных технологий	ОПК-1 готовностью к самостоятельной работе
Знать: современные алгоритмы численных методов и современные прикладные программные средства используемые для численного	ОПК-2 способностью использовать современные

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p>решения прикладных задач</p> <p>Уметь: применять современные прикладные программные средства для численного решения задач профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: навыками численного решения прикладных задач с использованием современных прикладных программных средств и современных технологий программирования</p>	<p>математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования</p>
<p>Знать: алгоритмы численных методов решения прикладных задач; пакеты прикладных программ для численного решения практических задач на электронных вычислительных машинах</p> <p>Уметь: применять стандартные пакеты прикладных программ для численного решения прикладных задач; разрабатывать, отлаживать, тестировать собственные программные средства при реализации численных методов решения прикладных задач</p> <p>Владеть: навыками численного решения задач с использованием стандартных пакетов прикладных программ; навыками разработки, отладки, тестирования собственных программных средств при реализации численных методов решения прикладных задач</p>	<p>ПК-1 способностью использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на электронных вычислительных машинах, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение</p>
<p>Знать: алгоритмы численных методов решения прикладных задач в профессиональной деятельности; вычислительную технику и программные средства позволяющие реализовывать алгоритмы вычислительной математики</p> <p>Уметь: настраивать, тестировать и осуществлять проверку собственных разрабатываемых программных средств при реализации алгоритмов численных методов решения прикладных задач</p> <p>Владеть: навыками тестирования собственных разрабатываемых программных средств при реализации алгоритмов численных методов решения прикладных задач</p>	<p>ПК-2 способностью и готовностью настраивать, тестировать и осуществлять проверку вычислительной техники и программных средств</p>
<p>Знать: алгоритмы численных методов решения прикладных задач, особенности их реализации на современных языках программирования;</p> <p>Уметь: реализовывать алгоритмы численных методов решения прикладных задач с использованием современных языков программирования; разрабатывать программы на языке высокого уровня для решения задач обработки данных численными методами; работать с современными системами программирования; осуществлять поиск информации о численных методах решения прикладных задач в сети Интернет</p> <p>Владеть: навыками реализации алгоритмов численных методов решения задач вычислительной математики с использованием современных языков программирования; анализа сложности и эффективности численных алгоритмов; навыками поиска информации в сети Интернет для решения задач на ЭВМ численными методами</p>	<p>ПК-3 способностью и готовностью демонстрировать знания современных языков программирования, операционных систем, офисных приложений, информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть Интернет), способов и механизмов управления данными, принципов организации, состава и схемы работы операционных систем</p>
<p>Знать: подходы, позволяющие перейти от естественнонаучной сущности проблемы к формализованной задаче; достоинства и недостатки численных методов решения прикладных задач</p> <p>Уметь: перейти от естественнонаучной сущности проблемы к формализованной задаче; применять численные методы при решении поставленной задачи и исследовать свойства полученного численного решения используя соответствующий естественнонаучный аппарат</p> <p>Владеть: навыками построения формализованных задач; навыками применения численных методов для решения практических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности; выбора</p>	<p>ПК-9 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат</p>

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
оптимальных алгоритмов для решения практических задач; исследования свойств полученных численных решений используя соответствующий естественнонаучный аппарат	
<p>Знать: численные методы исследования и решения нелинейных алгебраических уравнений, исследования систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений, решения задач безусловной оптимизации, аппроксимации функций, численного интегрирования и дифференцирования, численного решения задач для дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений;</p> <p>Уметь: выбирать численный метод решения задачи конкретного класса в приведенной выше предметной области, проводить анализ полученного численного решения; принимать решение на основе полученных результатов</p> <p>Владеть: навыками формализации прикладных задач к задачам численного анализа; выбора оптимальных алгоритмов численного решения практических задач; анализа полученного численного решения; принятия решений на основе полученных результатов</p>	ПК-10 готовностью применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	4 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	67,5	67,5
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,5
Самостоятельная работа: - выполнение курсовой работы (КР); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к контрольным работам	76,5 +	76,5
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Погрешность в приближенных вычислениях	1,5	1			0,5
2	Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).	16	4	2	2	8
3	Обусловленность СЛАУ и методы решения плохо обусловленных СЛАУ	16	2	2	2	10

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
4	Методы решения алгебраических проблем собственных значений	22	4	2	2	14
5	Итерационные методы решения СЛАУ	16	4	2	2	8
6	Решение нелинейных уравнений	16	4	2	2	8
7	Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений	14	2		2	10
8	Методы аппроксимации функций	19	5	2	2	10
9	Численное дифференцирование и интегрирование	8	2	1	1	4
10	Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	14	6	3	1	4
	Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	1				1
	Промежуточная аттестация (диф. зачет)	0,5				0,5
	Итого:	144	34	16	16	78
	Всего:	144	34	16	16	78

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ 1 Погрешность в приближенных вычислениях Погрешность задачи, погрешность метода, неустранимая и устранимая погрешности. Погрешность округления. Абсолютная, относительная, предельная погрешности. Оценивание погрешности: обратная задача теории погрешности. Статистический и технический подходы к учету погрешности. Погрешности машинной арифметики.

Понятие устойчивых и неустойчивых задач и методов.

№ 2 Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Метод Гаусса, теорема о LU- разложении, условия применимости метода Гаусса, метод Гаусса с выбором главного элемента, условия применимости. Вычисление определителя. Обращение матрицы. Метод квадратного корня решения СЛАУ. Метод прогонки решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей.

№ 3 Обусловленность СЛАУ и методы решения плохо обусловленных СЛАУ

Устойчивость решения СЛАУ. Плохо обусловленные СЛАУ. Число обусловленности, его свойства. Методы регуляризации решения плохо обусловленных систем.

№ 4 Методы решения алгебраических проблем собственных значений. Степенной метод и его модификации решения частичной проблемы собственных значений. Метод вращения Якоби решения симметричной полной проблемы собственных значений и его модификации: LU, QR- алгоритмы для несимметричных задач, их модификации.

№ 5 Итерационные методы решения СЛАУ. Метод вращений. Методы простых итераций, Якоби, Зейделя решение СЛАУ. Достаточные условия сходимости. Каноническая форма записи одношаговых итерационных методов. Стационарные итерационные методы, необходимое и достаточное условие сходимости стационарных итерационных методов. Нестационарные итерационные методы: методы Рундсона, явные и неявные итерационные методы с чебышевским набором параметров.

№ 6 Решение нелинейных уравнений. Отделение корней. Уточнение корней методом итераций, Ньютона, методом хорд, методом равномерного поиска, метод интерполяционных кривых.

№ 7 Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ). Метод Ньютона и его модификации решения СНАУ. Оптимизационные методы исследования и решения СНАУ: сведение задачи решения САУ к задаче оптимизации функций многих переменных; методы наискорейшего спуска и его модификации, метод Бroyдена, методы сопряженных направлений, квазиньютоновские методы.

№ 8 Методы аппроксимации функций. Обобщенный интерполяционный многочлен: постановка задачи, чебышевская система функций, степенные интерполяционные многочлены в форме Лагранжа, Ньютона. Оценка погрешности. Многочлены Чебышева. Оптимизация погрешности интерполяции. Аппроксимация сплайнами: постановка задачи, сплайны третьего порядка: определение, построение.

№ 9 Численное дифференцирование и интегрирование. Примеры построения формул численного дифференцирования. Порядок точности. Метод Гаусса вычисление определенного интеграла. Правило Рунге оценки погрешности.

№ 10 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) Сетка узлов, сеточная функция. Понятие сходимости, порядок точности, погрешность аппроксимации, порядок аппроксимации. Одношаговые разностные методы Эйлера, методы Рунге-Кутты. Многошаговые методы решения ОДУ. Методы сведения краевых задач к начальным.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Освоение алгоритмов решения СЛАУ прямыми методами	2
2	3	Освоение алгоритмов исследования и решения плохо обусловленных СЛАУ	2
3	4	Освоение алгоритмов решения проблемы собственных значений: степенной метод.	2
4	5	Освоение алгоритмов решения СЛАУ итерационными методами.	2
5	6	Освоение алгоритмов решения нелинейных алгебраических уравнений	2
6	7	Метод Ньютона решения систем нелинейных алгебраических уравнений.	2
7	8	Освоение алгоритмов решения задачи аппроксимации функций интерполяционными многочленами, сплайнами, МНК.	2
8	9-10	Численное дифференцирование. Программная реализация методов решения задачи Коши для ОДУ и систем ОДУ.	2
		Итого:	16

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Алгоритмы прямых методов решения СЛАУ: методы Гаусса, LU-разложение, метод квадратных корней. Алгоритмы вычисления определителя и обратной матрицы.	2
2	3	Исследование СЛАУ на обусловленность.	2
3	4	Методы решения алгебраических проблем собственных значений.	2
4	5	Итерационные методы решения СЛАУ(алгоритмы, сходимость, критерии останова).	2
5	6	Решение нелинейных уравнений (алгоритмы, сходимость, критерии останова).	2
6	8	Аппроксимация функций: построение интерполяционных многочленов в форме Лагранжа, конечные и разделенные разности, интерполяционный многочлен в форме Ньютона.	2
7,8	9, 10	Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	4
		Итого:	16

4.5 Курсовая работа (4 семестр)

Примерный перечень тем курсовых работ:

- 1 Вариационные методы решения СЛАУ (наискорейшего спуска и его модификации, минимальных невязок, сопряженных градиентов)
2. Оптимизационные методы решения СНАУ (метод наискорейшего спуска и его модификации, сопряженных направлений и его модификации, квазиньютоновские методы).
3. Метод Ньютона с конечно-разностными производными.
4. Методы исследования и решения плохо обусловленных систем.
5. Методы решения полной проблемы собственных значений.
6. Методы решения частичной проблемы собственных значений.
7. Стационарные итерационные методы решения СЛАУ.
8. Нестационарные итерационные методы решения СЛАУ.
9. Метод матричной прогонки решения СЛАУ.
10. Численное интегрирование.
11. Методы решения скалярных нелинейных уравнений.
12. Численные методы решения задачи Коши для ОДУ и систем ОДУ.
13. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=441232>
2. Саад, Ю. Итерационные методы для разреженных линейных систем [Текст] : в 2 т. / Ю. Саад ; пер. с англ. Х. Д. Икрамова. - 2-е изд. - Москва : МГУ, 2013. - (Суперкомпьютерное образование / Суперкомпьютер. консорциум ун-тов России).. - ISBN 978-5-211-06429-4 Т. 1 : . - , 2013. - 325 с. (ентл 30)
3. Гавришина О. Н. Численные методы: учебное пособие [Электронный ресурс] / Гавришина О. Н., Захаров Ю. Н., Фомина Л. Н. - Кемеровский государственный университет, 2011. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=232352

5.2 Дополнительная литература

1. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов / Под ред. В.м. Вержбицкого. – М.: Высшая школа, 2002. – 840с. Численные методы [Текст] : учеб. пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков.- 4-е изд. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2001-2008. – 632 с.
2. Шевцов Г.С. Численные методы линейной алгебры[Текст] учебное пособие для вузов/ Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова.- М: Финансы и статистика. -2007.-480с.
3. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков; МГУ им. М. В. Ломоносова.- 6-е изд. - М. : Бином, 2008. - 636 с. (ентл 83)

Методические материалы

Яркова, О. Н. Численные методы [Электронный ресурс] : метод. указания / О. Н. Яркова, О. И. Бантикова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 285.71 Кб). - Оренбург : ОГУ, 2012. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 5.0. - № гос. регистрации 0321202309.

5.3 Периодические издания

- Экономика и математические методы : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2015.
Вычислительные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
Математическое моделирование : журнал. - М. : АРСМИ, 2016.
Прикладная математика и механика : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
Применение математических методов в экономических исследованиях и планировании : реферативный журнал: вып. свод. тома. - М. : ВИНТИ РАН, 2016.
Достижения науки и техники АПК : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2017.
Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

- <https://www.ams.org> – Американское математическое сообщество (статьи, журналы)
<https://mathscinet.ams.org/mathscinet/> - публикации научных работ (математические науки)
<http://www.itlab.unn.ru/?dir=101> Лаборатория информационных технологий (образовательные ресурсы)
<http://old.exponenta.ru/> - образовательный математический сайт
<https://www.scopus.com/> - научные публикации, журналы
<https://elibrary.ru> – научная электронная библиотека
<http://biblioclub.ru> – электронная библиотека
<http://znanium.com> – электронная библиотека
<http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к образовательным ресурсам

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Операционная система **Microsoft Windows**
2. Пакет настольных приложений **Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)**
3. Средства для разработки и проектирования **Microsoft Visual Studio**
4. Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач **MathCAD 14.0** (лицензия ОГУ, выделена на каф. ММиМЭ на 10 ПК)
5. ПО для решения широкого спектра научных и прикладных задач **MathWorks MATLAB R2013b + Fuzzy Logic Toolbox + Wavelet Toolbox**
6. Приложение для создания диаграмм **Microsoft Visio**

Свободно-распространяемое ПО

Кроссплатформенный, свободно распространяемый офисный пакет с открытым исходным кодом **LibreOffice**

Средства для разработки прикладных программ **PascalABC.NET**

Профессиональные базы данных

1. Технорма / Документ [Электронный ресурс] : [система программных продуктов] / ООО Гло-сис-Сервис, ФБУ КВФ Интерстандарт. – Версия 1.11.36. – Электрон. дан. и прогр. – [Москва; Санкт-Петербург], [1999–2013]. – Режим доступа осуществляется в локальной сети ОГУ.
2. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.
3. Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>, в локальной сети ОГУ.

Информационные справочные системы

1. Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа : <http://pravo.fso.gov.ru/ips/>, в локальной сети ОГУ.
2. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва, [1992–2018]. – Режим доступа : в локальной сети ОГУ <\\fileserv1\CONSULT\cons.exe>
3. Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. – Электрон. дан. - Москва, [1990–2018]. – Режим доступа <\\fileserv1\GarantClient\garant.exe> в локальной сети ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Б.1.Б.20 Численные методы»

Направление подготовки: 01.03.04 Прикладная математика

Направленность: Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач

Год набора: 2018

Форма обучения: очная

Дополнения и изменения к рабочей программе на 2019/2020 учебный год рассмотрены и утверждены на заседании кафедры математических методов и моделей в экономике
наименование кафедры

протокол № 1 от "28" 08 2019г.

Заведующий кафедрой

Кафедра математических методов и моделей в экономике
наименование кафедры

А.Г. Реннер
подпись

Исполнители:

Профессор кафедры ММиМЭ
должность

А.Г. Реннер
подпись

доцент кафедры ММиМЭ
должность

О.Н. Яркова
подпись

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделом комплектования Научной библиотеки ОГУ

[подпись]
личная подпись

Н.Н. Грицай
расшифровка подписи

2.08.18
дата

Уполномоченный по качеству факультета (института)

[подпись]
личная подпись

Н.А. Тычишина
расшифровка подписи

2.08.18
дата

В рабочую программу вносятся следующие дополнения и изменения:

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ре-сурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 174 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=441232>

2. Гавришина О. Н. Численные методы: учебное пособие [Электронный ресурс] / Гавришина О. Н., Захаров Ю. Н., Фомина Л. Н. - Кемеровский государственный университет, 2011. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=232352

3. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Прикладная математика" / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев.- 4-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 448 с. (ентл 15)

5.2 Дополнительная литература

1. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов / Под ред. В.м. Вержбицкого. – М.: Высшая школа, 2002. – 840с. Численные методы [Текст] : учеб. пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков.- 4-е изд. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2001-2008. – 632 с.

2. Шевцов Г.С. Численные методы линейной алгебры[Текст] учебное пособие для вузов/ Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова.- М: Финансы и статистика. -2008.-480с.

3. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков; МГУ им. М. В. Ломоносова.- 6-е изд. - М. : Бином, 2008. - 636 с. (ентл 83)

4. Пантелеев А. В. Численные методы. Практикум [Электронный ресурс] / Пантелеев А. В. - ИН-ФРА-М, 2017. <http://znanium.com/bookread2.php?book=652316>

Методические материалы

Яркова, О. Н. Численные методы [Электронный ресурс] : метод. указания / О. Н. Яркова, О. И. Бантикова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 285.71 Кб). - Оренбург : ОГУ, 2012. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 5.0. - № гос. регистрации 0321202309.

5.3 Периодические издания

Экономика и математические методы : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2015.

Вычислительные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

Математическое моделирование : журнал. - М. : АРСМИ, 2016.

Прикладная математика и механика : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

Применение математических методов в экономических исследованиях и планировании : реферативный журнал: вып. свод. тома. - М. : ВИНТИ РАН, 2016.

Достижения науки и техники АПК : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018, 2019.

Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018, 2019.

5.4 Интернет-ресурсы

– <http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам:

– <http://window.edu.ru/resource/657/72657> - Ресурсы по теме «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ В СИСТЕМЕ МАТЛАБ» Автор/создатель: Горбаченко В.И., Убиенных Г.Ф.

– <http://window.edu.ru/resource/222/81222> - Ресурсы по теме «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЖЕСТКИХ И НЕЖЕСТКИХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ» Автор/создатель: Виноградов А.Ю.

– <http://biblioclub.ru> Электронная библиотека

– <http://znanium.com> Электронная библиотека

– <https://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

– <https://www.ams.org> – Американское математическое сообщество (статьи, журналы)

– <https://mathscinet.ams.org/mathscinet/> - публикации научных работ (математические науки)

– <http://www.itlab.unn.ru/?dir=101> Лаборатория информационных технологий

(образовательные ресурсы)

– <http://old.exponenta.ru/> - образовательный математический сайт

– <https://www.scopus.com/> - научные публикации, журналы

– <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm> - ссылки на теоретические материалы по численным методам

–

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Операционная система **Microsoft Windows**
2. Пакет настольных приложений **Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)**
3. Средства для разработки и проектирования **Microsoft Visual Studio**

4. Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач **MathCAD 14.0** (лицензия ОГУ, выделена на каф. ММиМЭ на 10 ПК)

5. ПО для решения широкого спектра научных и прикладных задач **MathWorks MATLAB R2013b + Fuzzy Logic Toolbox + Wavelet Toolbox**

6. Приложение для создания диаграмм **Microsoft Visio**

Свободно-распространяемое ПО

1. Кроссплатформенный, свободно распространяемый офисный пакет с открытым исходным кодом **LibreOffice**

2. Средства для разработки прикладных программ **PascalABC.NET**

Профессиональные базы данных

1. Технорма / Документ [Электронный ресурс] : [система программных продуктов] / ООО Гло-сис-Сервис, ФБУ КВФ Интерстандарт. – Версия 1.11.36. – Электрон. дан. и прогр. – [Москва; Санкт-Петербург], [1999–2013]. – Режим доступа осуществляется в локальной сети ОГУ.
2. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.
3. Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>, в локальной сети ОГУ.

Информационные справочные системы

4. Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа : <http://pravo.fso.gov.ru/ips/>, в локальной сети ОГУ.
5. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва, [1992–2019]. – Режим доступа : в локальной сети ОГУ <\\fileserver1\!CONSULT\cons.exe>
6. Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. – Электрон. дан. - Москва, [1990–2019]. – Режим доступа <\\fileserver1\GarantClient\garant.exe> в локальной сети ОГУ.
7. Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа : <http://pravo.fso.gov.ru/ips/>, в локальной сети ОГУ.