

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-  
Российского университета

  
О.В. Машин

«20» 12 2019 г.

Регистрационный № УД-010304/Б.1.0.17/р.

**ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ**

(наименование дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) Разработка программного обеспечения

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	2
Семестр	3
Лекции, часы	34
Лабораторные занятия, часы	34
Экзамен, семестр	3
Контактная работа по учебным занятиям, часы	68
Самостоятельная работа, часы	76
Всего часов / зачётных единиц	144 / 4

Кафедра-разработчик программы: «Высшая математика»  
(название кафедры)

Составитель: Д.В. Роголев, канд. физ.-мат. наук; А.Н. Бондарев, ст. пр.  
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилёв, 2019

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика № 11 от 10.01.2018 г., учебным планом рег. № 010304-1 от 25.10.2019 г.


Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Высшая математика» 28.11.2019 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой  В.Г. Замураев

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом Белорусско-Российского университета

«18» декабря 2019 г., протокол № 3.

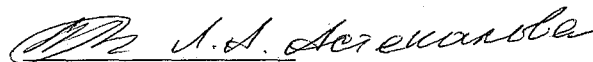
Зам. председателя  
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

Рецензент: Наталья Владимировна Кожуренко, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий учреждения образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова», кандидат физико-математических наук

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического  
отдела

 В.А. Кемова

# 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять существующие и осваивать новые методы численного анализа, применяемые при решении прикладных задач, не имеющих аналитического решения, либо имеющих его, но, по ряду причин, получение которого затруднено.

## 1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

**знать:**

- способы контроля вычислений и оценки погрешности вычислительных методов алгебры;
- теоретические основы прямых и итерационных методов численного решения нелинейных уравнений и систем;
- теоретические основы методов численного интегрирования и дифференцирования функций;
- теоретические основы методов интерполяции и аппроксимации функций;

**уметь:**

- применять численные методы для решения практических задач;
- выбирать требуемый метод в соответствии с особенностями задачи и имеющимися ограничениями на реализацию;
- использовать имеющееся программное обеспечение для решения задач и оценивать погрешности выбранных методов решения;

**владеть:**

- практическими вычислительными навыками решения прикладных задач;
- опытом выбора оптимального и оценки погрешностей реализованного численного метода.

## 1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к блоку 1 «Дисциплины (модули) (обязательная часть).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- линейная алгебра;
- математический анализ;
- программирование;
- аналитическая геометрия;
- вычислительные методы алгебры.

Перечень учебных дисциплин (циклов дисциплин), которые будут опираться на данную дисциплину:

- математическое программирование;
- численные методы математической физики;
- исследование операций и теория игр.

## 1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
<b>ОПК-2</b>	Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать ре-

	зультаты, оценивать надёжность и качество функционирования систем
<b>ПК-2</b>	Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщённых результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

### 2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Решение нелинейных уравнений методами половинного деления и простой итераций	Проблема отделения корней уравнения. Метод половинного деления. Итерационные методы: простой итерации, релаксации. Теорема о сходимости. Ускорение сходимости метода итерации.	ОПК-2, ПК-2
2	Решение нелинейных уравнений методами Ньютона, Чебышёва, Лобачевского	Принцип сжимающих отображений. Методы секущих и касательных (Ньютона). Выбор начального приближения. Метод Чебышёва построения итераций высших порядков.	ОПК-2, ПК-2
3	Решение алгебраических уравнений	Метод Лобачевского. Метод Лина выделения множителей.	ОПК-2, ПК-2
4	Решение систем нелинейных уравнений	Метод простых итераций. Методы Зейделя и Гаусса-Зейделя. Метод Ньютона и его модификации.	ОПК-2, ПК-2
5	Вариационный подход к решению нелинейных систем	Сведение решения системы нелинейных уравнений к решению вариационной задачи. Метод покоординатного спуска. Метод градиентного спуска. Проблема выбора начального приближения. Метод продолжения по параметру	ОПК-2, ПК-2
6	Интерполирование функций	Задачи интерполирования функций. Интерполирование в линейных нормированных пространствах. Алгебраическое интерполирование. Интерполяционный многочлен в форме Лагранжа. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона для неравномерной сетки. Интерполяционные формулы Ньютона для равномерной сетки.	ОПК-2, ПК-2
7	Интерполяционные многочлены Чебышёва и Эрмита	Многочлены Чебышёва. Минимизация остатка интерполирования. Интерполирование с кратными узлами. Многочлен Эрмита. Сходимость интерполяционного процесса.	ОПК-2, ПК-2
8	Сплайн-интерполирование	Сплайн-интерполирование. Интерполяционный кубический сплайн. Экстремальное свойство интерполяционного кубического сплайна. Сплайн-сглаживание. Многомерная алгебраическая интерполяция. Бикубический сплайн. Приближение кривых и поверхностей. Интерполяционный параметрический сплайн.	ОПК-2, ПК-2
9	Аппроксимация функций	Среднеквадратичное приближение функций алгебраическими многочленами. Метод наименьших квадратов. Задача построения ортонормированного базиса. Наилучшее равномерное приближение.	ОПК-2, ПК-2
10	Численное дифференцирование	Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов. Формулы численного дифференцирования для равноотстоящих узлов. Безразностные формулы численного дифференцирования. Метод неопределённых коэффициентов.	ОПК-2, ПК-2
11	Численное интегрирование: интерполяционные квадратурные формулы	Квадратурные формулы и связанные с ними задачи. Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона – Котеса.	ОПК-2, ПК-2
12	Простейшие квадратурные формулы	Простейшие квадратурные формулы (прямоугольников, трапеций, Симпсона). Правило Рунге оценки точности квадра-	ОПК-2, ПК-2

		турных формул и автоматический выбор шага интегрирования.	
13	Квадратурные формулы типа Гаусса	Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности (НАСТ). Теоремы существования и единственности, о свойствах узлов квадратурных формул НАСТ. Частные случаи квадратурных формул НАСТ. Квадратурные формулы с заранее предписанными узлами и равными коэффициентами.	ОПК-2, ПК-2
14	Кубатурные формулы вычисления кратных интегралов	Сведение кратного интеграла к повторному. Понятие о кубатурных формулах. Кубатурная формула трапеций на прямоугольной сетке. Кубатурная формула средних на прямоугольной и треугольной сетке. Кубатурная формула Симпсона.	ОПК-2, ПК-2
15	Статистические методы вычисления кратных интегралов	Нормирование области интегрирования. Статистические методы вычисления кратных интегралов (методы Монте-Карло).	ОПК-2, ПК-2
16	Одномерная и многомерная минимизация	Метод золотого сечения. Метод ненаправленного поиска. Метод Ньютона. Рельеф функции. Обобщённый метод Ньютона.	ОПК-2, ПК-2
17	Методы спуска	Методы покоординатного и градиентного спуска многомерной оптимизации	ОПК-2, ПК-2

## 2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	1. Решение нелинейных уравнений методами половинного деления и простой итераций	2	Л. р. 1 Приближённое решение уравнения вида $f(x) = 0$ методом половинного деления	2	2	ЗЛР	5
2	2. Решение нелинейных уравнений методами Ньютона, Чебышёва, Лобачевского	2	Л. р. 2 Приближённое решение уравнения вида $f(x) = 0$ итерационными методами: простой итерации, секущих и касательных (комбинированный метод)	2	2		
3	3. Решение алгебраических уравнений	2	Л. р. 2 Приближённое решение уравнения вида $f(x) = 0$ итерационными методами: простой итерации, секущих и касательных (комбинированный метод)	2	2	ЗЛР	5
4	4. Решение систем нелинейных уравнений	2	Л. р. 3 Приближённое решение системы нелинейных уравнений методом итераций	2	4	ЗЛР	5
5	5. Вариационный подход к решению нелинейных систем	2	Л. р. 4 Приближённое решение системы нелинейных уравнений методом Ньютона	2	2	ЗЛР	5
6	6. Интерполирование функций	2	Л. р. 5 Построение интерполяционных многочленов Лагранжа и Ньютона	2	2		
7	7. Интерполяционные многочлены Чебышёва и Эрмита	2	Л. р. 5 Построение интерполяционных многочленов Лагранжа и Ньютона	2	2	ЗЛР	5
8	8. Сплайн-интерполирование	2	Л. р. 6 Сплайн-интерполяция	2	4	ЗЛР ПКУ	5 30
Модуль 2							
9	9. Аппроксимация функций	2	Л. р. 7 Аппроксимация функции по методу наименьших квадратов	2	2		
10	10. Численное дифференцирование	2	Л. р. 7 Аппроксимация функции по методу наименьших квадратов	2	2	ЗЛР	5
11	11. Численное интегрирование: интерполяционные квадратурные формулы	2	Л. р. 8 Приближённое дифференцирование функций	2	4	ЗЛР	5
12	12. Простейшие квадратурные формулы	2	Л. р. 9 Приближённое вычисление определённого интеграла по формулам прямоугольников, трапеций, Симпсона	2	2		
13	13. Квадратурные формулы типа	2	Л. р. 9 Приближённое вычисление определённого интеграла по формулам	2	2	ЗЛР	5

	Гаусса		ного интеграла по формулам прямоугольников, трапеций, Симпсона				
14	14. Кубатурные формулы вычисления кратных интегралов	2	Л. р. 10 Приближённое вычисление двойного интеграла методом Монте-Карло	2	2		
15	15. Статистические методы вычисления кратных интегралов	2	Л. р. 10 Приближённое вычисление двойного интеграла методом Монте-Карло	2	2	ЗЛР	5
16	16. Одномерная и многомерная минимизация	2	Л. р. 11 Минимизация функции одной переменной	2	2	ЗЛР	5
17	17. Методы спуска	2	Л. р. 12 Оптимизация функции нескольких переменных методами спуска	2	2	ЗЛР ПКУ	5 30
18-21					36	ПА (экзамен)	40
	Итого	34		34	76		100

Принятые обозначения:

*Текущий контроль* –

ЗЛР – защита лабораторной работы;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА - Промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Экзамен

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

### 3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий		Всего часов
		Лекции	Лабораторные занятия	
1	Традиционные	1		2
2	Мультимедиа	2-17		32
3	С использованием ЭВМ		1-12	34
	<b>ИТОГО</b>			<b>68</b>

### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к лабораторным работам	12
2	Вопросы к экзамену	1
3	Экзаменационные билеты	1

### 5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

#### 5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
	<b>ОПК-2</b>	Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять провер-	

ку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надёжность и качество функционирования систем			
<b>ОПК-2.9</b> Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач методы численного анализа, анализировать результаты			
1	Пороговый уровень	Понимание основных принципов выбора математических моделей.	Умение выбрать математические методы и модели для решения алгебраических задач
2	Продвинутый уровень	Умение анализировать практическую задачу, выбрать и использовать подходящие математические методы и модели для её решения.	Применение математических моделей для решения практических задач, анализ результатов.
3	Высокий уровень	Навыки математического моделирования практических задач.	Выбор и создание математических моделей для решения алгебраических задач.
<b>ПК-2</b> Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты			
<b>ПК-2.7</b> Способен применять знание численного анализа при выборе реализуемых и устойчивых алгоритмов и численные методов решения задач, оценивании их точности и эффективности, исследовании свойств алгоритмов, поиске решений			
1	Пороговый уровень	Понимает основы вычислительных методов алгебры. Знает основы работы в системах компьютерной алгебры (СКА).	Выполнение лабораторной работы с применением СКА. Выполнение отчёта по лабораторной работе в текстовом редакторе.
2	Продвинутый уровень	Умеет анализировать практическую задачу, выбирать и использовать подходящие численные методы алгебры и программные средства для её решения.	Выполнение лабораторной работы с применением встроенных функций и языка программирования СКА. Уверенное владение шаблонами текстового редактора при создании отчётов по лабораторным работам.
3	Высокий уровень	Навыки математического моделирования практических задач. Навыки построения алгоритмов решения задачи и использования программно-обеспечения.	Выполнение лабораторной работы и анализ полученных результатов. Формирование отчёта по лабораторной работе встроенными средствами СКА.

## 5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-2</b> Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надёжность и качество функционирования систем	
Умение выбрать математические методы и модели для решения алгебраических задач	Вопросы к лабораторным работам.
Применение математических моделей для решения практических задач, анализ результатов.	Вопросы к лабораторным работам.
Выбор и создание математических моделей для решения алгебраических задач.	Вопросы к лабораторным работам.

<b>ПК-2</b> Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты	
Выполнение лабораторной работы с применением СКА. Выполнение отчёта по лабораторной работе в текстовом редакторе.	Вопросы к лабораторным работам.
Выполнение лабораторной работы с применением встроенных функций и языка программирования СКА. Уверенное владение шаблонами текстового редактора при создании отчётов по лабораторным работам.	Вопросы к лабораторным работам.
Выполнение лабораторной работы и анализ полученных результатов. Формирование отчёта по лабораторной работе встроенными средствами СКА.	Вопросы к лабораторным работам.

### 5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Лабораторные работы (ЗЛР) оцениваются до 5 баллов:

**0-1 баллов** – полное отсутствие навыков выполнения работы;

**2-3 балла** – грубые ошибки при выполнении работы;

**4 балла** – уверенное выполнение работы при наличии незначительных ошибок;

**5 баллов** – уверенное выполнение работы с полным объяснением.

### 5.4 Критерии оценки экзамена

Итоговая оценка на экзамене по пятибалльной системе определяется как сумма баллов промежуточного контроля успеваемости и текущей аттестации (экзамена) и соответствует суммарным баллам:

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

При этом промежуточный контроль успеваемости оценивается до 60 баллов, а промежуточная аттестация – до 40 баллов.

Оценка **«отлично»** выставляется за: систематизированные, глубокие и полные знания в объёме рабочей программы, точное использование научной терминологии и свободное владение инструментарием учебной дисциплины, умение анализировать и применять теоретические знания при самостоятельном решении типовых учебных задач и задач повышенной сложности, способность делать обоснованные выводы.

Оценка **«хорошо»** выставляется за: полные знания в объёме рабочей программы, правильное использование терминологии, способность самостоятельно решать типовые задачи учебной дисциплины.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за: обладание базовыми знаниями (владеет терминологией, знает определение понятий) в объёме рабочей программы, достаточными для усвоения последующих дисциплин, умение решать простейшие типовые задачи.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за: фрагментарные знания по базовым вопросам в объёме рабочей программы, недостаточными для усвоения последующих дисциплин, неуверенное использование терминологии, неумение решать типовые задачи.



## 6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- изучение основной и дополнительной литературы;
- решение индивидуальных задач во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведён в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведённые в п. 7.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Численные методы. Достоверное и точное численное решение дифференциальных и алгебраических уравнений в САЕ-системах САПР : учеб. пособие / В.Б. Маничев, В.В. Глазкова, И.А. Кузьмина. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 152 с. – Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/980116">http://znanium.com/catalog/product/980116</a>	–	ЭБС «Znanium»
2	Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Учебное пособие / Гулин А.В., Мажорова О.С., Морозова В.А. –М. : АРГАМАК-МЕДИА, НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 368с. – Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/1032671">http://znanium.com/catalog/product/1032671</a>	–	ЭБС «Znanium»

### 7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Плохотников, К.Э. Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета Matlab : курс лекций / К.Э. Плохотников. – М. : СОЛОН-Пр., 2017. – 628 с. – (Библиотека студента). – ISBN 978-5-91359-211-8. – Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/1015051">http://znanium.com/catalog/product/1015051</a>	–	ЭБС «Znanium»
2	Численные методы в математическом моделировании : учеб. пособие / Н.П. Савенкова, О.Г. Проворова, А.Ю. Мокин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 176 с. – Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/774278">http://znanium.com/catalog/product/774278</a>	–	ЭБС «Znanium»
3	Численные методы. Практикум : учеб. пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 512 с. – Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/652316">http://znanium.com/catalog/product/652316</a>	–	ЭБС «Znanium»

### 7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

1. GNU Octave [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gnu.org/software/octave/>, свободный.

2. Документация MATLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.exponenta.ru/>, свободный.

3. Трифонов, А. Г. Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения [Электронный ресурс] / А. Г. Трифонов. – Режим доступа: <https://hub.exponenta.ru/post/postanovka-zadachi-optimizatsii-i-chislennye-metody-ee-resheniya356>, свободный.
4. EqWorld. Мир математических уравнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>, свободный.
5. Сайт кафедры информатики и компьютерного проектирования МХТУ им. Д.И. Менделеева: материалы лекционного курса «Вычислительная математика». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technosystems1.narod.ru/study/math/lectures.html>, свободный.

#### **7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам**

##### **7.4.1 Методические рекомендации**

1. А.М. Бутома, Е.Г. Галуза, Д.В. Роголев. Численный анализ. Могилев: ГУВПО «Белорусско-Российский университет». – [электронная версия].

##### **7.4.2 Перечень программного обеспечения, используемого в учебном процессе** Свободно распространяемое ПО: Python, GNU Octave, LibreOffice (темы № 1-12).

##### **7.4.3 Информационные технологии**

###### **Мультимедийные презентации**

Тема 2. Решение нелинейных уравнений методами Ньютона, Чебышёва, Лобачевского

Тема 3. Решение алгебраических уравнений

Тема 4. Решение систем нелинейных уравнений

Тема 5. Вариационный подход к решению нелинейных систем

Тема 6. Интерполирование функций

Тема 7. Интерполяционные многочлены Чебышёва и Эрмита

Тема 8. Сплайн-интерполирование

Тема 9. Аппроксимация функций

Тема 10. Численное дифференцирование

Тема 11. Численное интегрирование: интерполяционные квадратурные формулы

Тема 12. Простейшие квадратурные формулы

Тема 13. Квадратурные формулы типа Гаусса

Тема 14. Кубатурные формулы вычисления кратных интегралов

Тема 15. Статистические методы вычисления кратных интегралов

Тема 16. Одномерная и многомерная минимизация

Тема 17. Методы спуска

## **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории ауд. 405, рег. номер ПУЛ-4.535-405/1-19.