

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет  
Кафедра общей физики и дидактики физики



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.  
МП

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Укрупненная группа направлений подготовки	44.00.00 Образование и педагогические науки
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Профили подготовки	Физика и Информатика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная, заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Численные методы» для обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (Профили: Физика и Информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.02.2018 № 125 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:  
ст.преподаватель

Е. Д. Бондарь

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей физики и дидактики физики.

Протокол от 26.03.2024 г. № 12

Заведующий кафедрой

А. В. Безус

СОГЛАСОВАНО:

И. о. декана физико-технического  
факультета  
28.03.2024 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 27.03.2024 г. № 2.

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы.  
кандидат физико-математических наук  
26.03.2024 г.

А. В. Безус

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по физике и математике в объёме программы средней школы;  
дисциплины программы бакалавриата:

*Основы логики и алгоритмизации*

*Программирование и математическое моделирование;*

*Пакеты прикладных программ (Прикладные программы);*

*Математический анализ;*

*Дифференциальные уравнения. Интегральные уравнения и вариационное исчисление;*

*Методы математической физики;*

*Методика решения задач по физике (Методика решения физических задач));*

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

*Пакеты прикладных программ (Вычислительная физика (практикум на ЭВМ))*

*Производственная: педагогическая практика по профилю 2*

*Производственная: научно-исследовательская работа*

*Производственная: преддипломная практика;*

*Подготовка и сдаче и сдача государственного экзамена;*

*Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.*

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	44.03.05 Педагогическое образование (профиль: Физика и информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М8 Численные методы
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контактная	всего	
Очная	4	8	18	36	—	90	144	экзамен
Заочная	4	8	4	6	—	134	144	экзамен

### 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

*формирование систематических знаний в области численных методов решения задач математического анализа, алгебры и математической физики на ЭВМ*

#### 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-9. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-9.5 Применяет методы вычислительной математики и программирования, необходимые для решения задач, аналитическое решение которых или отсутствует, или довольно сложное.	ОПК-9.5.1 Знает основное численные методы решения задач (основы теории погрешностей и теории приближений, методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений, основные численные методы алгебры, методы численного дифференцирования и интегрирования) ОПК-9.5.2 Аргументировано выбирает метод решения задачи, устанавливает свойства математических объектов, закономерности между ними, доводит решение задачи до приемлемого (числового) результата, оценивает и анализирует полученный результат, строит математические модели для решения профессиональных задач.
	ОПК-9.6 Применяет знания по программированию и для решения конкретных задач из различных областей математики	ОПК-9.6.1 Умеет применять вычислительные технологии для решения конкретных задач из различных областей математики с помощью вычислительных методов ОПК-9.6.2 Умеет использовать основные приемы вычислительных методов при решении различных задач профессиональной деятельности

### 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
<b>Раздел 1. Численное решение алгебраических и трансцендентных уравнений</b>	
1. Математические модели и численные методы	1.1 Математические модели и численные методы в физике. 1.2 Погрешности вычислений. 1.3 Источники погрешностей. 1.4 Классификация погрешностей.

	1.5 Общая формула для погрешности функции
2. Приближенные числа и действия над ними	2.1 Приближенные числа и действия над ними. 2.2 Расчет полиномов и их производных по обобщенной схеме Горнера. 2.3 Метод итераций приближенного вычисления значений элементарных функций.
3. Численное решение алгебраических и трансцендентных уравнений.	3.1 Численное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. 3.2 Аналитическое и графическое обособление корней
4. Уточнение корня, сходимость итерационной процедуры.	4.1 Уточнение корня методом дихотомии, методом хорд, методом Ньютона (методом касательных). 4.2 Метод итераций и условие его сходимости. 4.3 Приведение уравнения к виду, который обеспечивает сходимость итерационной процедуры.
<b>Раздел 2. Системы уравнений</b>	
5. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений.	5.1 Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. 5.2 Метод Гаусса.
6. Итерационные методы.	6.1 Итерационные методы. 6.2 Методы: простой итерации, Зейделя, релаксаций.
7. Численное решение систем нелинейных уравнений	7.1 Численное решение систем нелинейных уравнений. 7.2 Метод простой итерации, метод Ньютона
<b>Раздел 3. Интерполяция и экстраполяция функций</b>	
8. Постановка задачи интерполяции. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона.	8.1 Постановка задачи интерполяции. 8.2 Конечные разности. 8.3 Случай равноотстоящих узлов. 8.4 Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона.
9. Интерполяционный полином Лагранжа	9.1 Интерполяция для неравноотстоящих узлов. 9.2 Интерполяционный полином Лагранжа. 9.3 Нахождение корня уравнения методом обратной интерполяции.
10. Метод наименьших квадратов	10.1 Отыскание параметров эмпирических формул методом наименьших квадратов. 10.2 Суть метода наименьших квадратов
11. Интерполяция сплайнами	11.1 Интерполяция сплайнами. 11.2 Сходимость интерполяционного процесса. 11.3 Построение кубического сплайна.
<b>Раздел 4. Методы численного решения дифференциальных уравнений</b>	
12. Дифференцирование и интегрирование функций.	12.1 Проблема дифференцирования. 12.2 Численные формулы дифференцирования. 12.3 Остаточные члены простейших формул. 12.4 Задача численного интегрирования. 12.5 Квадратурные формулы

	прямоугольников, трапеций и Симпсона. 12.6 Практическое оценивание погрешностей. 12.7 Принцип Рунге. Квадратурные формулы Чебышева и Гаусса.
13. Обыкновенные дифференциальные уравнения.	13.1 Задача Коши для уравнения первого порядка. 13.2 Метод последовательного приближения. 13.3 Метод Эйлера. 13.4 Методы Рунге-Кутты. 13.5 Краевые задачи. Сведение краевых задач к задаче Коши. 13.6 Метод конечных разностей
14. Уравнения математической физики.	14.1 Начальные, граничные и начально-граничные (смешанные) задачи. 14.2 Уравнение Лапласа в конечных разностях. 14.3 Решение задачи Дирихле методом сеток. 14.4 Метод Монте-Карло. 14.5 Метод сеток и метод прогонки для уравнения теплопроводности. 14.6 Метод сеток и метод прямых для уравнения колебаний струны.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ конт	Всего
<b>Раздел 1.</b>	<b>4</b>	<b>10</b>		<b>21</b>	<b>35</b>
1. Математические модели и численные методы	1	2		5	8
2. Приближенные числа и действия над ними	1	2		5	8
3. Численное решение алгебраических и трансцендентных уравнений.	1	2		5	8
4. Уточнение корня, сходимость итерационной процедуры.	1	4		6	11
<b>Раздел 2.</b>	<b>6</b>	<b>12</b>		<b>30</b>	<b>48</b>
5. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений.	2	4		10	16
6. Итерационные методы.	2	4		10	16
7. Численное решение систем нелинейных уравнений	2	4		10	16
<b>Раздел 3.</b>	<b>4</b>	<b>8</b>		<b>20</b>	<b>32</b>
8. Постановка задачи интерполяции. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона.	1	2		5	8
9. Интерполяционный полином Лагранжа	1	2		5	8

10. Метод наименьших квадратов	1	2		5	8
11. Интерполяция сплайнами	1	2		5	8
<b>Раздел 4.</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>14,8</b>	<b>24,8</b>
12. Дифференцирование и интегрирование функций.	1	2		5	8
13. Обыкновенные дифференциальные уравнения.	1	2		5	7
14. Уравнения математической физики.	2	2		5,8	9,8
Экзамен				3,2	3,2
<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>18</b>	<b>36</b>		<b>90</b>	<b>144</b>

6.2. Форма обучения – заочная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ конт	Всего
<b>Раздел 1.</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>		<b>32,5</b>	<b>35</b>
1. Математические модели и численные методы				8	8
2. Приближенные числа и действия над ними	0,5	0,5		7	8
3. Численное решение алгебраических и трансцендентных уравнений.	0,5	0,5		7	8
4. Уточнение корня, сходимость итерационной процедуры.		0,5		10,5	11
<b>Раздел 2.</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>		<b>55</b>	<b>58</b>
5. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений.	0,5	0,5		15	16
6. Итерационные методы.	0,5	0,5		15	16
7. Численное решение систем нелинейных уравнений	0,5	0,5		15	16
<b>Раздел 3.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>29</b>	<b>32</b>
8. Постановка задачи интерполяции. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона.	0,5	0,5		7	8
9. Интерполяционный полином Лагранжа	0,5	0,5		7	8
10. Метод наименьших квадратов		0,5		7,5	8
11. Интерполяция сплайнами		0,5		7,5	8
<b>Раздел 4.</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>		<b>23,3</b>	<b>24,8</b>
12. Дифференцирование и интегрирование функций.	0,5	0,5		7	8
13. Обыкновенные дифференциальные уравнения.		0,5		6,5	7
14. Уравнения математической физики.				9,8	9,8
Экзамен				3,2	3,2
<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>134</b>	<b>144</b>

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **7.1. Контрольные вопросы**

#### **Раздел 1**

1. Погрешность. Абсолютная, относительная погрешность. Интервал неопределенности. Оценка погрешности. Формулы суммы, произведения и частного.
2. Погрешность. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Приближенная оценка погрешности.
3. Методы решения линейных уравнений. Отделение и уточнение корней. Метод отделения корней уравнения.
4. Методы решения линейных уравнений. Методы дихотомии и хорд.
5. Итерационные вычисления. Методы решения линейных уравнений. Методы итераций и касательных.
6. Итерационные вычисления. Методы решения линейных уравнений. Метод комбинированный.

#### **Раздел 2**

7. Конечные методы решения систем линейных уравнений. Метод Гаусса. Выбор главного элемента.
8. Конечные методы решения систем линейных уравнений. Вычисление определителя и обратной матрицы.
9. Конечные методы решения систем линейных уравнений. Общая характеристика и сравнение методов.
10. Итерационные методы решения систем нелинейных уравнений. Методы итераций и Зейделя. Сходимость метода итераций.
11. Итерационные методы решения систем линейных уравнений. Методы итераций и Зейделя. Сходимость метода итераций.
12. Решения систем нелинейных уравнений. Методы Ньютона и простой итерации.

#### **Раздел 3**

13. Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация функций. Приложения интерполяции и аппроксимации. Интерполяционные полиномы. Канонический полином.
14. Интерполяционные полиномы. Полином Лагранжа. Оценка погрешности полинома Лагранжа.
15. Интерполяционные полиномы. Разделенные разности. Полином Ньютона. Интерполирование вперед и назад.
16. Сплайн интерполяция.
17. Метод наименьших квадратов.

#### **Раздел 4**

18. Методы численного дифференцирования и интегрирования. Разностные формулы для производных.
19. Методы численного интегрирования. Однократный и многократный методы. Методы прямоугольников, трапеций и Симпсона.
20. Метод Рунге практической оценки погрешности. Формулы Рунге.

### **7.2. Темы письменных работ (типы задач)**

#### **Лабораторные работы**

- Лабораторная работа 1 Погрешности
- Лабораторная работа 2 (а) Схема Горнера
- Лабораторная работа 2 (б) Метод итераций приближенного вычисления значений элементарных функций
- Лабораторная работа 3.1 (а) Графический метод решения алгебраических и трансцендентных уравнений



- Лабораторная работа 3.1 (б) Метод половинного деления
- Лабораторная работа 3.2 (а) Метод касательных
- Лабораторная работа 3.2 (б) Метод хорд
- Лабораторная работа 3.2 (в) Комбинированный метод
- Лабораторная работа 4 (а) Система линейных уравнений Метод обратной матрицы
- Лабораторная работа 4 (б) Система линейных уравнений Метод Крамера
- Лабораторная работа 4 (в) Система линейных уравнений Метод Гаусса
- Лабораторная работа 5 (а) Система нелинейных уравнений Метод простой итерации
- Лабораторная работа 5 (б) Система нелинейных уравнений Метод Зейделя
- Лабораторная работа 5 (в) Система нелинейных уравнений Метод Ньютона
- Лабораторная работа 6 (а) Интерполяция Метод Ньютона
- Лабораторная работа 6 (б) Интерполяция Метод Лагранжа
- Лабораторная работа 7 (а) Интегрирование и дифференцирование Метод трапеции
- Лабораторная работа 7 (б) Интегрирование и дифференцирование Метод прямоугольника
- Лабораторная работа 7 (в) Интегрирование и дифференцирование Метод Монте-Карло

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

### 7.3.Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № <u>1</u>											
1. Математические модели и численные методы.											
2. Решить систему трех линейных алгебраических уравнений методом Гаусса и сделать проверку.											
$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$b_1$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$b_2$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$b_3$
1,63	1,27	-0,84	1,51	1,27	0,65	1,27	-0,63	-0,84	1,27	-1,21	2,15

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время

проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

#### 8.1. Форма обучения – очная, Семестр 8

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	5
	Лабораторные работы	40
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
<b>ИТОГО</b>		<b>60</b>
<b>Экзамен</b>		<b>40</b>
<b>Общий итог за семестр</b>		<b>100</b>

#### 8.2. Форма обучения – заочная, Семестр 8

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-4	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	5
	Лабораторные работы	40
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
<b>ИТОГО</b>		<b>60</b>
<b>Экзамен</b>		<b>40</b>
<b>Общий итог за семестр</b>		<b>100</b>

#### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Учебные занятия проводятся в 4-м учебном корпусе (г. Донецк, пр. Театральный, д. 13). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для выполнения лабораторных работ требуется лаборатории со специализированным оборудованием, которое отвечает современным требованиям цифрового образования: имеет в наличии большое количество различных типов датчиков, которые подключаются к ноутбуку (планшету) и позволяют осуществлять сбор экспериментальных данных, графический анализ данных, решение математических уравнений, обработку экспериментальных данных.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры общей физики и дидактики физики (ауд. 220).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Зенков, А. В. Численные методы: учеб. пособие / А. В. Зенков. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016 г. – Текст: электронный.

2. Гулин, А.В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Учебное пособие / А.В. Гулин, В.А. Морозова, О.С. Мажорова. – М.: Инфра-М, 2017. – 432 с. – Текст: электронный.

3. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсу «Численные методы» (для студентов физико-технического факультета) / Сост.: Е. Д. Бондарь, А. Д. Кончевская – Донецк: ДонГУ, 2023. – 17 с. – Текст: электронный.

4. Методическое пособие для лекционных занятий по курсу «Численные методы» (для студентов физико-технического факультета) / Сост.: Е. Д. Бондарь, А. Д. Кончевская – Донецк: ДонГУ, 2023. – 93 с. – Текст: электронный.

### 11.2. Дополнительная литература

5. Устинов, С. М. Вычислительная математика : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 220100 "Системный анализ и управление" и 230100 "Информатика и вычислительная техника" / С. М. Устинов, В. А. Зимницкий. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. – 330 с. – Текст: непосредственный.

6. Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. – СПб.: Лань, 2010. – 400 с. – Текст: непосредственный.

7. Калиткин, Н.Н. Численные методы: В 2 кн. Кн. 1. Численный анализ: Учебник / Н.Н. Калиткин. – М.: Academia, 2018. – 48 с. – Текст: непосредственный.

8. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учеб. пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; под ред. Б. П. Демидовича. – Изд. 4-е. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. – 400 с. – Текст: непосредственный.

В. Солодов. – М. : Физматлит, 2003. – 304 с. – Текст: непосредственный.

10. Копченова, Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Н.В. Копченова, И.А. Марон. – Г.: Наука, 1972. – 367 с. – Текст: непосредственный.

11. Самарский, А. А. Численные методы : [Учеб. пособие по специальности "Прикладная математика"] / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М. : Наука, 1989. – 429 с. – Текст: непосредственный.

12. Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования : В 2 т. Т. 1 : Вычислительная математика / Рос. акад. наук ; Ин-т вычислит. математики ; [Отв. ред. Н. С. Бахвалов, В. В. Воеводин]. – М. : Наука, 2005. – 343 с. – Текст: непосредственный.

13. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Моск. гос. ун-т

им. М. В. Ломоносова. – 5-е изд. – М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007. – 636 с. – Текст: непосредственный.

14. Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : [Учеб. пособие для вузов] / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. – М. : Высш. шк., 2000. – 190 с. – Текст: непосредственный.

15. Вержбицкий, В. М. Численные методы : Мат. анализ и обыкновен. дифференц. уравнения / В. М. Вержбицкий. – М. : Высш. шк., 2001. – 381 с. – Текст: непосредственный.

16. Боглаев, Ю. П. Вычислительная математика и программирование : Учеб. пособие для студентов втузов / Ю. П. Боглаев. – М. : Высш. шк., 1990. – 544 с. – Текст: непосредственный.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).