

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра математического моделирования и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Н. Л. Королева  
«04» июля 2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.ДВ.05.1 Численные методы оптимизации

Направление подготовки/специальность: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль/направленность/специализация: Математическое моделирование

Уровень высшего образования: магистратура

Квалификация: Магистр

год набора: 2022

**Автор программы:**

Кандидат технических наук, Соловьев Денис Сергеевич

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 - Прикладная математика и информатика (уровень магистратуры) (приказ Министерства образования и науки РФ от «10» января 2018 г. № 13).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры математического моделирования и информационных технологий «29» июня 2022 г. Протокол № 12

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «04» июля 2022 г. № 6.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Магистра.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	11
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	23
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	25
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	25

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-2 Способен осуществлять управление выпуском релизов ИС

ПК-6 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива

### 1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский
- проектный

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 01 Образование и наука (в сфере общего, профессионального и дополнительного профессионального образования; в сфере научных исследований), 06 Связь, информационные и коммуникационные технологии (в сфере проектирования, разработки, внедрения и эксплуатации информационных систем, управления их жизненным циклом), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок; в сфере разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами производства)

### 1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
	ПК-2 Способен осуществлять управление выпуском релизов ИС	Использует аппарат численных методов для решения задач оптимизации и моделирования информационных систем
	ПК-6 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	Обосновывает выбор необходимых алгоритмов и решений прикладных задач при помощи численных методов

### 1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-2 Способен осуществлять управление выпуском релизов ИС

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения		
		Очно-заочная (семестр)		
		3	4	5
1	Компьютерные среды для математического моделирования		+	
2	Методы построения нечетких моделей	+		

3	Методы управления системами		+	
4	Преддипломная практика			+
5	Технологии программирования	+		

ПК-6 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения		
		Очно-заочная (семестр)		
		2	4	5
1	История и методология прикладной математики и информатики	+		
2	Математическое моделирование технических систем	+		
3	Методы управления системами		+	
4	Научно-исследовательская работа		+	
5	Преддипломная практика			+

## 2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры:

Дисциплина «Численные методы оптимизации» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Дисциплина «Численные методы оптимизации» изучается в 4 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 2 з.е.

Очно-заочная: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очно-заочная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72</b>
Контактная работа	10
Лекции (Лекции)	4
Практические (Практ. раб.)	6
Самостоятельная работа (СР)	62
Зачет	-

## 3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.	Формы текущего контроля
--------	-----------------------	--------------------------	-------------------------

		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О-3	О-3	О-3	
4 семестр					
1	Методы оценки погрешностей	1	-	7	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа
2	Методы решения системы линейных алгебраических уравнений	1	1	9	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа; Тестирование
3	Решение нелинейных алгебраических уравнений	-	1	7	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа
4	Решение систем нелинейных уравнений	-	1	7	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа
5	Интерполяция таблично заданных функций	1	1	9	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа; Тестирование
6	Аппроксимация функций	-	1	7	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа
7	Численное дифференцирование и интегрирование	-	1	7	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа
8	Обыкновенные дифференциальные уравнения	1	-	9	Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа; Тестирование

### Тема 1. Методы оценки погрешностей (ПК-2)

#### Лекция.

Этапы решения технических задач на ЭВМ. Методы реализации математических моделей. Элементы теории погрешностей. Постановка задачи. Источники погрешностей. Приближенные числа и оценка их погрешностей. Правила записи приближенных чисел. Задачи теории погрешностей. Понятия устойчивости, корректности постановки задач и сходимости численного решения. Некоторые обобщенные требования к выбору численных методов.

#### Задания для самостоятельной работы.

1. Что такое абсолютная и относительная погрешности?
2. Как классифицируются погрешности?

3. Что значит верная цифра?
4. Как распространяются абсолютная и относительная погрешности в арифметических действиях?
5. Как осуществить оценку погрешности значений элементарных функций?

## **Тема 2. Методы решения системы линейных алгебраических уравнений (ПК-6)**

### **Лекция.**

Решение систем линейных алгебраических уравнений. Основные понятия и определения. Методы решения СЛАУ. Прямые методы решения СЛАУ. Правило Крамера. Метод обратных матриц. Метод Гаусса. Модифицированный метод Гаусса. Метод прогонки. Метод квадратного корня. Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Вычисление определителей высоких порядков. Вычисление обратных матриц. Применение метода итераций для уточнения элементов обратной матрицы.

### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Какие методы относятся к прямым методам решения систем линейных уравнений?
2. Какие методы относятся к приближенным методам решения систем линейных уравнений?
3. В чем заключается суть метода Гаусса для решения систем линейных уравнений?
4. В чем заключается суть метода Жордана-Гаусса ?
5. В чем заключается суть метода простой итерации для решения систем уравнений?
6. Как привести систему к виду с преобладающими диагональными коэффициентами?
7. В чем заключается суть метода Зейделя для решения систем уравнений?

## **Тема 3. Решение нелинейных алгебраических уравнений (ПК-2)**

### **Лекция.**

Численное решение нелинейных уравнений. Постановка задачи. Отделение корней. Метод половинного деления. Графическое отделение корней. Итерационные методы уточнения корней. Метод простой итерации. Метод Ньютона (касательных). Метод секущих. Метод деления отрезка пополам. Метод хорд. Общий алгоритм численных методов решения нелинейных уравнений.

### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Дайте определение простого и кратного корня.
2. Для чего проводится процедура отделения (локализации) корней на предварительном этапе решения уравнения.
3. Приведите примеры известных вам способов локализации корня.
4. Дайте определение квадратичной скорости сходимости итерационной процедуры.
5. Что такое область сходимости применительно к итерационной процедуре?
6. Сформулируйте критерий окончания итерационной процедуры Ньютона.

7. Опишите метод простой итерации. Дайте его характеристику.
8. Опишите метод касательных. Укажите его достоинства и недостатки.
9. Почему на практике часто применяют комбинированные алгоритмы, включающие в себя различные методы отыскания корней?
10. Что такое машинный ноль, машинная бесконечность и машинное  $\epsilon$ ? Как эти параметры влияют на точность расчетов на ЭВМ?
11. Назовите три основных источника погрешностей при решении задач на ЭВМ, их природу и способы уменьшения.

#### **Тема 4. Решение систем нелинейных уравнений (ПК-6)**

##### **Лекция.**

Решение систем нелинейных уравнений. Постановка задачи. Метод простой итераций. Условия сходимости метода простой итерации для нелинейных систем уравнений второго порядка. Общий случай построения итерирующих функций. Метод Ньютона для систем двух уравнений. Метод Ньютона для систем  $n$ -го порядка с  $n$  неизвестными.

##### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Какие вы знаете методы решения систем нелинейных уравнений?
2. В чем заключается суть метода Ньютона для решения систем нелинейных уравнений?
3. В чем заключается суть метода простой итерации для решения систем уравнений?
4. В чем заключается суть методов спуска для решения систем нелинейных уравнений?

Какие виды методов спуска вы знаете?

#### **Тема 5. Интерполяция таблично заданных функций (ПК-2)**

##### **Лекция.**

Аппроксимация функций. Постановка задачи. Интерполирование функций. Типовые виды локальной интерполяции. Линейная интерполяция. Квадратичная (параболическая) интерполяция. Типовые виды глобальной интерполяции. Интерполяция общего вида. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Формула Лагранжа для произвольной системы интерполяционных узлов. Полином Лагранжа на системе равноотстоящих интерполяционных узлов. Интерполяционный многочлен Ньютона. Интерполяционный многочлен Ньютона для системы равноотстоящих узлов. Интерполяционный многочлен Ньютона для системы произвольно расположенных узлов. Локальная интерполяция. Глобальная интерполяция. Сплайны.

##### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Что такое интерполяция?
2. Что такое узлы интерполяции?
3. В чем заключается задача отыскания интерполирующего многочлена?
4. Как построить интерполяционный многочлен Лагранжа?



5. Как определить погрешность метода интерполяции с помощью формулы Лагранжа?
6. Как образуются разделенные разности?
7. Как связаны разделенные разности и производная?
8. Что такое сплайн? Как происходит процесс интерполирования сплайнами?
9. Что такое конечная разность первого порядка? Как она находится?
10. Что такое конечная разность второго порядка? Как она находится?
11. Что такое конечная разность  $n$ -го порядка? Как она находится?
12. Первая интерполяционная формула Ньютона для равноотстоящих узлов.
13. Вторая интерполяционная формула Ньютона для равноотстоящих узлов.
14. Как находится погрешность метода интерполирования с помощью формул Ньютона?
15. Что значит «интерполирование вперед», «интерполирование назад»?

### **Тема 6. Аппроксимация функций (ПК-6)**

#### **Лекция.**

Аппроксимация функций. Сглаживание результатов экспериментов. Метод выбранных точек. Метод средних. Метод наименьших квадратов. Вычисление многочленов.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Какие бывают виды аппроксимации экспериментальных данных?
2. В чем разница между аппроксимацией по методу наименьших квадратов и интерполяцией?
3. Что такое линейная регрессия? Как можно линеаризовать данные? Приведите примеры.
4. Что такое линейная по параметрам регрессия? Какие требования предъявляются к базисным функциям?
5. Построить алгоритм вычисления линейной по параметрам регрессионной модели со степенным базисом.
6. Что такое регрессионная матрица?

### **Тема 7. Численное дифференцирование и интегрирование (ПК-2)**

#### **Лекция.**

Численное дифференцирование. Постановка задачи. Аппроксимация производных посредством локальной интерполяции. Погрешность численного дифференцирования. Аппроксимация производных посредством глобальной интерполяции. Аппроксимация посредством многочлена Ньютона. Вычисление производных на основании многочлена Лагранжа. Метод неопределенных коэффициентов. Улучшение аппроксимации при численном дифференцировании. Численное интегрирование. Постановка задачи. Понятие численного интегрирования. Понятие точной квадратурной формулы. Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Составные квадратурные формулы с постоянным шагом. Составная формула средних. Формула трапеций. Формула Симпсона. Выбор шага интегрирования для равномерной сетки. Выбор шага интегрирования по теоретическим оценкам погрешностей. Выбор шага интегрирования по эмпирическим схемам. Двойной пересчет. Схема Эйткина. Правило Рунге. Другие оценки погрешности. Составные квадратурные формулы с переменным шагом. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической точности (формула Гаусса).

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. В каком случае используется численное интегрирование?
2. Постановка задачи численного интегрирования.
3. Какие существуют методы интегрирования функций?
4. Графическая интерпретация метода трапеций.
5. Как оценить погрешность метода трапеций?
6. Графическая интерпретация метода Симпсона.
7. Как оценить погрешность метода Симпсона?
8. Графическая интерпретация метода прямоугольников.
9. Как оценить погрешность метода прямоугольников?
10. Чем отличаются формулы метода трапеций и метода Симпсона?
11. Как влияет на точность численного интегрирования величина шага  $h$ ?
12. Чем отличается вычисление погрешности метода трапеций и Симпсона?
13. Основная идея метода Монте-Карло?
14. Графическая интерпретация метода Монте-Карло.

### **Тема 8. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ПК-2)**

#### **Лекция.**

Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ). Постановка задачи. Задача Коши для ОДУ. Численные методы решения задачи Коши. Одношаговые методы решения задачи Коши. Метод Эйлера. Метод Эйлера с пересчетом. Метод Эйлера с последующей итерационной обработкой. Метод Рунге-Кутты. Многошаговые методы решения задачи Коши. Семейство методов Адамса. Многошаговые методы, использующие неявные разностные схемы. Повышение точности результатов.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Что значит - решить задачу Коши для дифференциальных уравнений первого порядка?
2. Графическая интерпретация численного решения дифференциального уравнения.
3. Какие существуют методы решения дифференциального уравнения в зависимости от формы представления решения?
4. В чем заключается суть принципа сжимающих отображений?
5. В чем заключается суть метода ломанных Эйлера?
6. Применение каких формул позволяет получить значения искомой функции по методу Эйлера?
7. Графическая интерпретация метода Эйлера и усовершенствованного метода Эйлера. В чем их отличие?
8. В чем заключается суть метода Рунге-Кутты?
9. Как определить количество верных цифр в числе, являющемся решением дифференциального уравнения методами Эйлера, усовершенствованного метода Эйлера, Рунге-Кутты?

#### **4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства**

##### **4.1. Распределение баллов:**

Балльно-рейтинговые мероприятия не предусмотрены

##### **4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля**

#### **Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа**

##### **Тема 4. Решение систем нелинейных уравнений**

1. Какие вы знаете методы решения систем нелинейных уравнений?
2. В чем заключается суть метода Ньютона для решения систем нелинейных уравнений?
3. В чем заключается суть метода простой итерации для решения систем уравнений?
4. В чем заключается суть методов спуска для решения систем нелинейных уравнений? Какие виды методов спуска вы знаете?

##### **Тема 5. Интерполяция таблично заданных функций**

1. Что такое интерполяция?
2. Что такое узлы интерполяции?
3. В чем заключается задача отыскания интерполирующего многочлена?
4. Как построить интерполяционный многочлен Лагранжа?
5. Как определить погрешность метода интерполяции с помощью формулы Лагранжа?

6. Как образуются разделенные разности?
7. Как связаны разделенные разности и производная?
8. Что такое сплайн? Как происходит процесс интерполирования сплайнами?
9. Что такое конечная разность первого порядка? Как она находится?
10. Что такое конечная разность второго порядка? Как она находится?
11. Что такое конечная разность  $n$ -го порядка? Как она находится?
12. Первая интерполяционная формула Ньютона для равноотстоящих узлов.
13. Вторая интерполяционная формула Ньютона для равноотстоящих узлов.
14. Как находится погрешность метода интерполирования с помощью формул Ньютона?
15. Что значит «интерполирование вперед», «интерполирование назад»?

#### Тема 6. Аппроксимация функций

1. Какие бывают виды аппроксимации экспериментальных данных?
2. В чем разница между аппроксимацией по методу наименьших квадратов и интерполяцией?
3. Что такое линейная регрессия? Как можно линеаризовать данные? Приведите примеры.
4. Что такое линейная по параметрам регрессия? Какие требования предъявляются к базисным функциям?
5. Построить алгоритм вычисления линейной по параметрам регрессионной модели со степенным базисом.
6. Что такое регрессионная матрица?

#### Вопросы для самоподготовки / Лабораторная работа

##### Тема 1. Методы оценки погрешностей

1. Что такое абсолютная и относительная погрешности?
2. Как классифицируются погрешности?
3. Что значит верная цифра?
4. Как распространяются абсолютная и относительная погрешности в арифметических действиях?
5. Как осуществить оценку погрешности значений элементарных функций?

##### Тема 2. Методы решения системы линейных алгебраических уравнений

1. Какие методы относятся к прямым методам решения систем линейных уравнений?
2. Какие методы относятся к приближенным методам решения систем линейных уравнений?
3. В чем заключается суть метода Гаусса для решения систем линейных уравнений?
4. В чем заключается суть метода Жордана-Гаусса ?
5. В чем заключается суть метода простой итерации для решения систем уравнений?
6. Как привести систему к виду с преобладающими диагональными коэффициентами?
7. В чем заключается суть метода Зейделя для решения систем уравнений?

##### Тема 3. Решение нелинейных алгебраических уравнений

1. Дайте определение простого и кратного корня.
2. Для чего проводится процедура отделения (локализации) корней на предварительном этапе решения уравнения.
3. Приведите примеры известных вам способов локализации корня.
4. Дайте определение квадратичной скорости сходимости итерационной процедуры.
5. Что такое область сходимости применительно к итерационной процедуре?
6. Сформулируйте критерий окончания итерационной процедуры Ньютона.
7. Опишите метод простой итерации. Дайте его характеристику.
8. Опишите метод касательных. Укажите его достоинства и недостатки.

9. Почему на практике часто применяют комбинированные алгоритмы, включающие в себя различные методы отыскания корней?
10. Что такое машинный ноль, машинная бесконечность и машинное  $\epsilon$ ? Как эти параметры влияют на точность расчетов на ЭВМ?
11. Назовите три основных источника погрешностей при решении задач на ЭВМ, их природу и способы уменьшения.

#### Тема 7. Численное дифференцирование и интегрирование

1. В каком случае используется численное интегрирование?
2. Постановка задачи численного интегрирования.
3. Какие существуют методы интегрирования функций?
4. Графическая интерпретация метода трапеций.
5. Как оценить погрешность метода трапеций?
6. Графическая интерпретация метода Симпсона.
7. Как оценить погрешность метода Симпсона?
8. Графическая интерпретация метода прямоугольников.
9. Как оценить погрешность метода прямоугольников?
10. Чем отличаются формулы метода трапеций и метода Симпсона?
11. Как влияет на точность численного интегрирования величина шага  $h$ ?
12. Чем отличается вычисление погрешности метода трапеций и Симпсона?
13. Основная идея метода Монте-Карло?
14. Графическая интерпретация метода Монте-Карло.

#### Тема 8. Обыкновенные дифференциальные уравнения

1. Что значит - решить задачу Коши для дифференциальных уравнений первого порядка?
2. Графическая интерпретация численного решения дифференциального уравнения.
3. Какие существуют методы решения дифференциального уравнения в зависимости от формы представления решения?
4. В чем заключается суть принципа сжимающих отображений?
5. В чем заключается суть метода ломанных Эйлера?
6. Применение каких формул позволяет получить значения искомой функции по методу Эйлера?
7. Графическая интерпретация метода Эйлера и усовершенствованного метода Эйлера. В чем их отличие?
8. В чем заключается суть метода Рунге-Кутты?
9. Как определить количество верных цифр в числе, являющемся решением дифференциального уравнения методами Эйлера, усовершенствованного метода Эйлера, Рунге-Кутты?

### Тестирование

#### Тема 2. Методы решения системы линейных алгебраических уравнений

- 1) Приближенным числом  $A$  называют число, незначительно отличающееся от
  - a) точного  $A$
  - b) неточного  $A$
  - c) среднего  $A$
  - d) точного не известного
  - e) приблизительного  $A$
- 2)  $A$  называется приближенным значением  $A$  по недостатку, если

- a)  $a < A$
- b)  $a > A$
- c)  $a = A$
- d)  $a \geq A$
- e)  $a \leq A$

3)  $a$  называется приближенным значением числа  $A$  по избытку, если

- a)  $a > A$
- b)  $a < A$
- c)  $a = A$
- d)  $a \geq A$
- e)  $a \leq A$

Под ошибкой или погрешностью  $\Delta a$  приближенного числа  $a$  обычно понимается разность между соответствующим точным числом  $A$  и данным приближением, т.е.

- a)  $\Delta a = A - a$
- b)  $\Delta a = A + a$
- c)  $\Delta a = A/a$
- d)  $a = \Delta a - A$
- e)  $A = \Delta a + A$

7) Если ошибка положительна  $A >$ , то

- a)  $\Delta a > 0$
- b)  $\Delta a < 0$
- c)  $\Delta a = 0$
- d)  $\Delta a \leq 0$
- e)  $a > a$

8) Абсолютная погрешность приближенного числа

- a)  $\Delta = |\Delta a|$
- b)  $\Delta a = a$
- c)  $\Delta = |a|$
- d)  $A = |\Delta a|$
- e)  $\Delta a = |\Delta b|$

9) Абсолютная погрешность

- a)  $\Delta = |A - a|$
- b)  $\Delta A = a$
- c)  $\Delta = |B - a|$
- d)  $a = |A + a|$
- e)  $\Delta a = |A + b|$

10) Предельную абсолютную погрешность вводят если

- a) число  $A$  не известно
- b) число  $a$  не известно
- c)  $\Delta$  не известно
- d)  $A - a$  не известно
- e) не известно  $B$

11) Предельная абсолютная погрешность

- a)  $\Delta a$
- b)  $\Delta b$
- c)  $\Delta A$
- d)  $A$
- e)  $A$

12) Определить предельную абсолютную погрешность числа  $a = 3,14$ , заменяющего число  $\pi$

- a) 0,002
- b) 0,001
- c) 3,141
- d) 0,2
- e) 0,003

13) Относительная погрешность

- a)  $\sigma = \Delta/|A|$
- b)  $\sigma = \Delta$
- c)  $\sigma = \Delta/v$
- d)  $\sigma = c/a$
- e)  $\sigma = a - A$

14) Погрешность, связанная с самой постановкой математической задачи

- a) погрешность задачи
- b) погрешность метода
- c) остаточная погрешность
- d) погрешность действия
- e) начальная

15) Погрешности, связанная с наличием бесконечных процессов в математическом анализе

- a) остаточная погрешность
- b) абсолютная
- c) относительная
- d) погрешность условия
- e) начальная погрешность

16) Погрешности, связанные с наличием в математических формулах, числовых параметров

- a) начальном
- b) конечной
- c) абсолютной
- d) относительной
- e) остаточной

17) Погрешности, связанные с системой счисления

- a) погрешность округления
- b) погрешность действий
- c) погрешности задач
- d) остаточная погрешность
- e) относительная погрешность

18) Округлить число  $\pi = 3,1415926535\dots$  до пяти значащих цифр

- a) 3,1416
- b) 3,1425
- c) 3,142
- d) 3,14
- e) 0,1415

19) Абсолютная погрешность при округлении числа  $\pi$  до трёх значащих цифр

- a)  $0,5 \cdot 10^{-2}$
- b)  $0,5 \cdot 10^{-3}$
- c)  $0,5 \cdot 10^{-4}$
- d)  $0,5 \cdot 10^{-1}$
- e) 0,5

20) Предельная абсолютная погрешность разности

- a)  $\Delta u = \Delta x_1 + \Delta x_2$

- b)  $\Delta u = a + b$
- c)  $\Delta u = A + b$
- d)  $\Delta = x_1 + x_2$
- e)  $\Delta a = b + c$

### Тема 5. Интерполяция таблично заданных функций

- 1) Числовой ряд называется сходящимся, если
  - a) существует предел последовательности его частных сумм
  - b) можно найти сумму ряда
  - c) существует последовательность
  - d) частные суммы равны нулю
  - e) существует предел разности
- 2) Найти  $\ln 3$  с точностью до  $10^{-5}$ 
  - a) 1,09861
  - b) 1,01
  - c) 1,098132
  - d) 1,02
  - e) 1,3
- 3) Найти  $\sin 200301$ 
  - a) 0,35
  - b) 0,36
  - c) 0,2
  - d) 0,47
  - e) 0,5
- 4) Найти  $\operatorname{tg} 400$ 
  - a) 0,839100
  - b) 0,84
  - c) 0,9
  - d) 1,0
  - e) 1,2
- 5) С помощью какого метода число верных цифр примерно удваивается на каждом этапе по сравнению с первоначальным количеством
  - a) процесс Герона
  - b) формула Тейлора
  - c) формула Маклорена
  - d) метод Крамера
  - e) процесс Даламбера
- 6) Методом половинного деления уточнить корень уравнения  $x^4 + 2x^3 - x - 1 = 0$ 
  - a) 0,867
  - b) 0,234
  - c) 0,2
  - d) 0,43
  - e) 0,861
- 7) Используя метод хорд найти положительный корень уравнения  $x^4 - 0,2x^2 - 0,2x - 1,2 = 0$ 
  - a) 1,198+0,0020
  - b) 1,16+0,02
  - c) 2+0,1
  - d) 3,98+0,001
  - e) 4,2+0,0001



- 8) Вычислить методом Ньютона отрицательный корень уравнения  $x^4 - 3x^2 + 75x - 10000 = 0$
- $-10,261$
  - $-10,31$
  - $-5,6$
  - $-3,2$
  - $-0,44$
- 9) Используя комбинированный метод вычислить с точностью до 0,005 единственный положительный корень уравнения
- 1,04478
  - 1,046
  - 2,04802
  - 3,45456
  - 802486
- 10) Найти действительные корни уравнения  $x - \sin x = 0,25$
- 1,17
  - 1,23
  - 2,45
  - 4,8
  - 5,63
- 11) Определить число положительных и число отрицательных корней уравнения  $x^4 - 4x + 1 = 0$
- 2 и 0
  - 3 и 2
  - 0 и 4
  - 0 и 1
  - 0 и 4
- 12) Определить нижнее число и верхнее число перемен знаков в системе 1, 0, 0, -3, 1.
- 2 и 4
  - 3 и 1
  - 0 и 4
  - 0 и 5
  - 3 и 2
- 13) Определить состав корней уравнения  $x^4 + 8x^3 - 12x^2 + 104x - 20 = 0$
- один положительный и один отрицательный
  - нет ни одного корня
  - невозможно найти число корней
  - уравнение не имеет положительных корней
  - два отрицательных корня
- 14) Две матрицы одного и того же типа, имеющие одинаковое число строк и столбцов, и соответствующие элементы их равны, называют
- равными
  - одинаковыми
  - разными по рангу
  - схожими
  - транспонированными
- 15) Укажите свойства суммы матриц  $A + (B + C) = \dots$
- $(A + B) + C$
  - $(B + A) * C$
  - $ABC$
  - $A + B + C * A$

- е)  $A \cdot C + B \cdot C$
- 16) Укажите название матрицы  $-A = (-1)A$ 
  - а) противоположная
  - б) обратная
  - в) равная
  - г) матрица не существует
  - е) транспонированная
- 17) Заменяя в матрице типа  $m \times n$  строки соответственно столбцами получим
  - а) транспонированную матрицу
  - б) равную матрицу
  - в) среднюю матрицу
  - г) обратную матрицу
  - е) квадратную матрицу
- 18) С какой матрицей совпадает дважды транспонированная матрица
  - а) с исходной
  - б) с обратной
  - в) с нулевой
  - г) с единичной
  - е) с квадратной
- 19) Нахождение обратной матрицы для данной называется
  - а) обращение данной матрицы
  - б) транспонированием
  - в) суммой матриц
  - г) заменой строк и столбцов
  - е) произведением матриц
- 20) Максимальный порядок минора матрицы, отличного от нуля, называют
  - а) рангом
  - б) пределом
  - в) рядом
  - г) сходимостью
  - е) определителем

#### Тема 8. Обыкновенные дифференциальные уравнения

- 1) Разность между наименьшим из чисел  $m$  и  $n$  и рангом матрицы называется
  - а) дефектом
  - б) пределом
  - в) рангом
  - г) определителем
  - е) разницей
- 2) Существующие и имеющие важное значение матричные степенные ряды
  - а) правые и левые
  - б) средние
  - в) верхние и нижние
  - г) высокие
  - е) дифференцируемые
- 3) Матричные ряды дают возможность определять
  - а) трансцендентные функции матрицы
  - б) миноры матричного ряда
  - в) сходящиеся ряды

- d) геометрические прогрессии
- e) каноническую форму ряда
- 4) Матрица разбитая на клетки, называется клеточной и ...
  - a) блочной
  - b) равной
  - c) окаймленной
  - d) квазидиагональной
  - e) средней
- 5) Если элементы квадратной матрицы, стоящие выше (ниже) главной диагонали, равны нулю, то матрицу называют
  - a) треугольной
  - b) нулевой
  - c) диагональной
  - d) такая матрица не существует
  - e) единичной
- 6) Метод, представляющий собой конечные алгоритмы для вычисления корней системы
  - a) точный метод
  - b) метод релаксации
  - c) метод итерации
  - d) приближенный метод
  - e) относительный метод
- 7) Метод, позволяющий получить корни системы с заданной точностью путем сходящихся бесконечных процессов
  - a) итерационный метод
  - b) точный метод
  - c) приближенный метод
  - d) относительный метод
  - e) метод Зейделя
- 8) Этот метод является наиболее распространенным приемом решения систем линейных уравнений, алгоритм последовательного исключения неизвестных
  - a) метод Гаусса
  - b) метод Крамера
  - c) метод обратный матриц
  - d) ведущий метод
  - e) аналитический метод
- 9) Целый однородный полином второй степени от  $n$  переменных называется
  - a) квадратичной формой
  - b) кубической формой
  - c) прямоугольной формой
  - d) треугольной формой
  - e) матричной формой
- 10) Квадратичная форма называется положительно (отрицательно) определенной, если она принимает положительные (отрицательные) значения, обращаясь в нуль лишь при
  - a)  $x_1=x_2=\dots=x_n=0$
  - b)  $x_1+x_2+\dots+x_n=0$
  - c)  $x_1x_2\dots x_n=0$
  - d)  $a+b+c+\dots=0$
  - e)  $x_1+x_2+\dots+x_n=5$

11) Простейшая форма этого метода заключается в том, что на каждом шаге обращают в нуль максимальную по модулю невязку путем изменения значения соответствующей компоненты приближения

- a) метод ослабления
- b) итерационный метод
- c) метод обратных матриц
- d) ведущий метод
- e) метод Гаусса

12) Произведением вектора  $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  на число  $k$  называется вектор

- a)  $kx=(kx_1, kx_2, \dots, kx_n)$
- b)  $k=x_1+x_2+\dots+x_n$
- c)  $ab=x_1+x_2+\dots+x_n$
- d) нельзя вектор умножать на число
- e)  $c=a+b$

13) Для векторов  $x$  и  $y$  естественно определяется линейная комбинация

- a)  $\alpha x + \beta y$
- b)  $\alpha x * \beta y$
- c)  $\alpha x / \beta y$
- d)  $x + y = 0$
- e)  $(x + y)\alpha = 0$

14) Любая совокупность  $n$ -мерных векторов, рассматриваемая с установленными в ней операциями сложения векторов и умножения вектора на число, не выходящими за пределы этой совокупности называется

- a) линейным векторным пространством
- b) плоскостью векторов
- c) скалярным произведением векторов
- d) суммой векторов
- e) сходимостью векторного пространства

15) Максимальное число линейно независимых векторов  $n$ -мерного пространства  $E_n$  в точности равно

- a) размерности этого пространства
- b) соразмерности векторов
- c) сумме линейных векторов
- d) совокупности единичных векторов
- e) сумме  $n$  векторов

16) Название любой совокупности  $n$  линейно независимых векторов  $n$ -мерного пространства

- a) базис
- b) орт
- c) вектор
- d) координата
- e) скаляр

17) Как иначе называют метод бисекций?

- a) Метод половинного деления
- b) Метод хорд
- c) Метод пропорциональных частей
- d) Метод «начального отрезка»
- e) Метод коллокации

18) Методы решения уравнений делятся на:

- a) Прямые и итеративные

- b) Прямые и косвенные
  - c) Начальные и конечные
  - d) Определенные и неопределенные
  - e) Простые и сложные
- 19) Кто опубликовал формулу для решения кубического уравнения?
- a) Кардано
  - b) Галуа
  - c) Абеле
  - d) Дарбу
  - e) Фредгольм
- 20) Основная теорема алгебры:
- a) Уравнение вида  $\alpha_0 x^n + \alpha_1 x^{n-1} + \dots + \alpha_{n-1} x + \alpha_n = 0$  имеет ровно  $n$  корней, вещественных или комплексных, если  $k$ -кратный корень считать за  $k$  корней
  - b) Если функция  $f(x)$  определена и непрерывна на отрезке  $[\alpha; b]$  и принимает на его концах значения разных знаков, то на  $[\alpha; b]$  содержится, по меньшей мере, один корень уравнения  $f(x)=0$
  - c) Если функция  $f(x)$  монотонна на отрезке  $[\alpha; b]$ , то она интегрируема на этом отрезке
  - d) Если функция  $f(x)$  монотонна на отрезке  $[\alpha; b]$ , то она дифференцируема на этом отрезке
  - e) Определитель  $D=|\alpha_{ij}|$   $n$ -го порядка равен сумме произведений элементов какой-либо строки (столбца) на их алгебраические дополнения

#### 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета

##### Типовые вопросы зачета (ПК-2, ПК-6)

1. Этапы решения технических задач на ЭВМ. Методы реализации математических моделей. Элементы теории погрешностей. Постановка задачи. Источники погрешностей. Приближенные числа и оценка их погрешностей. Правила записи приближенных чисел. Задачи теории погрешностей. Понятия устойчивости, корректности постановки задач и сходимости численного решения. Некоторые обобщенные требования к выбору численных методов.
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Основные понятия и определения. Методы решения СЛАУ. Прямые методы решения СЛАУ. Правило Крамера. Метод обратных матриц. Метод Гаусса. Модифицированный метод Гаусса. Метод прогонки. Метод квадратного корня. Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Вычисление определителей высоких порядков. Вычисление обратных матриц. Применение метода итераций для уточнения элементов обратной матрицы.
3. Численное решение нелинейных уравнений. Постановка задачи. Отделение корней. Метод половинного деления. Графическое отделение корней. Итерационные методы уточнения корней. Метод простой итерации. Метод Ньютона (касательных). Метод секущих. Метод деления отрезка пополам. Метод хорд. Общий алгоритм численных методов решения нелинейных уравнений.
4. Решение систем нелинейных уравнений. Постановка задачи. Метод простой итераций. Условия сходимости метода простой итерации для нелинейных систем уравнений второго порядка. Общий случай построения итерирующих функций. Метод Ньютона для систем двух уравнений. Метод Ньютона для систем  $n$ -го порядка с  $n$  неизвестными.

5. Аппроксимация функций. Постановка задачи. Интерполирование функций. Типовые виды локальной интерполяции. Линейная интерполяция. Квадратичная (параболическая) интерполяция. Типовые виды глобальной интерполяции. Интерполяция общего вида. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Формула Лагранжа для произвольной системы интерполяционных узлов. Полином Лагранжа на системе равноотстоящих интерполяционных узлов. Интерполяционный многочлен Ньютона. Интерполяционный многочлен Ньютона для системы равноотстоящих узлов. Интерполяционный многочлен Ньютона для системы произвольно расположенных узлов. Локальная интерполяция. Глобальная интерполяция. Сплайны. Сглаживание результатов экспериментов. Вычисление многочленов.

6. Численное интегрирование. Постановка задачи. Понятие численного интегрирования. Понятие точной квадратурной формулы. Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Составные квадратурные формулы с постоянным шагом. Составная формула средних. Формула трапеций. Формула Симпсона. Выбор шага интегрирования для равномерной сетки. Выбор шага интегрирования по теоретическим оценкам погрешностей. Выбор шага интегрирования по эмпирическим схемам. Двойной пересчет. Схема Эйткина. Правило Рунге. Другие оценки погрешности. Составные квадратурные формулы с переменным шагом. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической точности (формула Гаусса).

7. Численное дифференцирование. Постановка задачи. Аппроксимация производных посредством локальной интерполяции. Погрешность численного дифференцирования. Аппроксимация производных посредством глобальной интерполяции. Аппроксимация посредством многочлена Ньютона. Вычисление производных на основании многочлена Лагранжа. Метод неопределенных коэффициентов. Улучшение аппроксимации при численном дифференцировании.

8. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ). Постановка задачи. Задача Коши для ОДУ. Численные методы решения задачи Коши. Одношаговые методы решения задачи Коши. Метод Эйлера. Метод Эйлера с пересчетом. Метод Эйлера с последующей итерационной обработкой. Метод Рунге-Кутты. Многошаговые методы решения задачи Коши. Семейство методов Адамса. Многошаговые методы, использующие неявные разностные схемы. Повышение точности результатов.

### **Типовые задания для зачета (ПК-2, ПК-6)**

1. Число  $X$  (0,84689), все цифры которого верны в строгом смысле, округлите до трех значащих цифр. Для полученного числа  $X_1 \approx X$  найдите предельную абсолютную и предельную относительную погрешности. В записи числа  $X_1$  укажите количество верных цифр (в узком и широком смысле).

2. Дана система четырех уравнений с четырьмя неизвестными:

Преобразуйте систему к виду, необходимому для применения метода простой итерации. Выбрав в качестве начального приближения  $x_0 = 0$ , найдите  $k_0$  - необходимое число итеративных шагов для решения системы методом простой итерации с точностью 0,01.

Сделав  $k_0$  итеративных шагов, найдите приближенное решение системы МПИ. Определите уточненную оценку погрешности решения.

3. Вычислить определитель 4-го порядка:

4. Функция  $y = f(x)$  задана таблично в узлах

Построить интерполяционный многочлен Лагранжа. Вычислить  $L_4(x_1+x_2)$ .

5. Функция  $y = f(x)$  задана таблично в узлах

Выбрав в качестве аппроксимирующей функции

составить нормальную систему уравнений по методу наименьших квадратов

#### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено»	ПК-2	Способен использовать аппарат численных методов для решения задач оптимизации и моделирования информационных систем
	ПК-6	Способен обосновывать выбор необходимых алгоритмов и решений прикладных задач при помощи численных методов
«не зачтено»	ПК-2	Не способен использовать аппарат численных методов для решения задач оптимизации и моделирования информационных систем
	ПК-6	Не способен обосновывать выбор необходимых алгоритмов и решений прикладных задач при помощи численных методов

### 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

#### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

#### 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

### 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

### 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;



- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Основная литература:**

1. Лазутин С.Б., Арзамасцев А.А. Численные методы и программирование в химии : учеб. пособие для студентов. - Тамбов: [Издат. дом ТГУ им. Г.Р. Державина], 2012. - 202 с.
2. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления : теория, применение, моделирование в MATLAB : учеб. пособие. - 2-е изд., испр. и доп.. - СПб, М., Краснодар: Лань, 2013. - 208 с.
3. Самойлов Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" : учеб. пособие. - изд. 3-е, испр. и доп.. - Спб., М., Краснодар: Лань, 2013. - 168 с.

### **6.2 Дополнительная литература:**

1. Численные методы : лабораторный практикум. - Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. - 107 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457891>
2. Балабко Л. В., Томилова А. В. Численные методы : учебное пособие. - Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2014. - 163 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436331>
3. Батищев, Р. В. Численные методы : учебное пособие. - Весь срок охраны авторского права; Численные методы. - Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. - 73 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/88750.html>

### **6.3 Иные источники:**

1. Журнал «Известия Российской академии наук. Теория и системы управления» - <http://www.maik.ru/ru/journal/teorsist/>
2. Журнал «Успехи математических наук» - [http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf&option_lang=rus)
3. Журнал «Теоретическая и математическая физика» - [http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf&option_lang=rus)
4. Журнал «Вычислительные методы и программирование. Новые вычислительные технологии» - <http://www.maik.ru/ru/journal/vychmat/>
5. Журнал «Журнал вычислительной математики и математической физики» - <http://www.maik.ru/ru/journal/vychmat/>
6. «Журнал математической физики, анализа, геометрии» - <https://vestnik.susu.ru/cmi>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Операционная система "Альт Образование"

LibreOffice

Microsoft Windows 10

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>
2. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>
3. Консультант студента. Гуманитарные науки: электронно-библиотечная система. – URL: <https://www.studentlibrary.ru>
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
5. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
6. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
7. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prlib.ru>
8. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: <https://www.monographies.ru>
9. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.