

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Профектор по учебной и научной работе

 А.В. Лейфа

«06» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление подготовки: 24.03.01 – Ракетные комплексы и космонавтика

Квалификация выпускника: бакалавр

Год набора: 2020

Форма обучения: очная

Курс 2 Семестр 4

Зачет с оценкой 4 семестр

Общая трудоемкость дисциплины 144 (акад. час.), 4 (з.е.)

Составитель А.Г. Масловская, профессор, д-р физ.-мат. наук, доцент

Факультет математики и информатики

Кафедра математического анализа и моделирования

2020 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 24.03.01 – «Ракетные комплексы и космонавтика», утвержденного Приказом Минобрнауки РФ № 71 от 05.02.2018.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математического анализа и моделирования

«20» мая 2020 г., протокол № 9

И.о. заведующего кафедрой  Н.Н. Максимова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление



«23» 07 2020 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра



В.В. Соловьев

«20» 05 2020 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека



«23» 07 2020 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр информационных и образовательных технологий



«04» 07 2020 г.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение численных методов и методов оптимизации занимает важное место в системе прикладного математического образования и подготовки специалиста инженерного профиля.

Цель освоения дисциплины состоит в формировании у студентов системы знаний численных методов решения задач алгебры, математического анализа и дифференциальных уравнений, методов оптимизации, а также методологических подходов разработки и изучения основных вычислительных методов для решения задач исследовательского и прикладного характера.

Задачи освоения дисциплины заключаются в формировании у студентов навыков владения:

- методами вычислительной математики: правилами приближенных вычислений, численными методами решения нелинейных уравнений и систем, систем линейных уравнений, методами теории интерполирования, численными методами для обработки экспериментальных данных, численными методами решения задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, сеточными методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений в постановке краевых задач, численными методами решения уравнений с частными производными;

- численными методами решения задач одномерной оптимизации, методами многомерной оптимизации и методами решения задач линейного программирования.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Численные методы и методы оптимизации» включена в обязательную часть учебного плана. Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе обучения в вузе в предшествующих семестрах. Этот курс тесно связан с основными математическими и информационными дисциплинами, изученными ранее: линейная алгебра, математический анализ, обыкновенные дифференциальные уравнения, информатика. Освоение дисциплины «Численные методы и методы оптимизации» будет полезно для последующего изучения дисциплин как базовой, так и вариативной частей учебного плана, а также для прохождения преддипломной практики, написания выпускной квалификационной работы.

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретическое и практическое мышление	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИД – 2 опк-1 Уметь: - применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; - применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

4 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа, промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в акад. часах)			Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПР	КТО			
1	Введение в предмет. Точность вычислительного эксперимента	4	2	4			4	Устный опрос по теме по теме практической работы «Основные приемы работы в ППП Matlab. Устный опрос по теме практической работы «Правила приближенных вычислений»
2	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений	4	4	6			4	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений»
3	Численные методы линейной алгебры	4	4	6			4	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы решения систем линейных уравнений»
4	Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов	4	4	6			4	Устный опрос по теме практической работы «Интерполирование функций». Устный опрос по теме практической работы «Обработка экспериментальных данных МНК»
5	Численное дифференцирование и интегрирование	4	2	2			4	Устный опрос по теме практической работы «Численное дифференцирование и интегрирование»
6	Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	4	4	6			4	Устный опрос по теме практической работы «Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»
7	Численные методы решения начальных и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	4	4	6			4	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»
8	Численные мето-	4	4	6			4	Устный опрос по те-

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа, промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в акад. часах)			Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПР	КТО			
	ды решения уравнений с частными производными							ме практической работы «Численные методы решения уравнений с частными производными».
9	Численные методы решения задач одномерной оптимизации	4	2	2			4	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы решения задач одномерной оптимизации»
10	Методы безусловной минимизации функций многих переменных	4	2	2			4	Устный опрос по теме практической работы «Методы безусловной минимизации функций многих переменных»
11	Решение задач линейного программирования	4	2	4			19.8	Устный опрос по теме практической работы «Решение задач линейного программирования». Тестирование.
12	Зачет				0,2			Зачет (теоретическая и практическая части)
13	Итого		34	50	0,2		59.8	144 акад. час., 4 з.е.

Л – лекция, ПР – практическое занятие, КТО – контроль теоретического обучения.

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Лекции

№	Наименование темы	Содержание темы
1	Введение в предмет. Точность вычислительного эксперимента.	Предмет вычислительной математики. Предмет теории оптимизации. Применение численных методов решения задач алгебры, анализа и оптимизации в математическом моделировании. Правила приближенных вычислений и элементы теории погрешностей. Приближенные числа, абсолютные и относительные погрешности. Арифметические действия над приближенными числами. Виды и источники погрешностей. Погрешность машинной арифметики. Устойчивость. Корректность. Сходимость.
2	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений.	Метод половинного деления. Метод хорд. Сходимость итерационных последовательностей. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Метод простой итерации. Геометрическая интерпретация рассмотренных методов.
3	Численные методы линейной алгебры	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Основные понятия. Прямые и итерационные методы. Метод Гаусса. Метод квадратных корней. Метод прогонки для решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Теорема о достаточном условии сходимости. Метод Якоби. Модификация метода Якоби.

№	Наименование темы	Содержание темы
4	Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов	Постановка задачи аппроксимации функций. Виды аппроксимаций. Интерполирование функций. Постановка задачи интерполяции. Полиномиальная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционные формулы Ньютона для равноотстоящих узлов. Интерполяционные сплайны. Метод наименьших квадратов.
5	Численное дифференцирование и интегрирование	Аппроксимация производных. Погрешности, возникающие при численном дифференцировании. Аппроксимация частных производных. Квадратурные формулы. Выбор шага интегрирования. Интегрирование с помощью степенных рядов. Интегралы от разрывных функций. Метод Гаусса. Интегралы с бесконечными пределами. Метод Монте-Карло.
6	Численные методы решения начальных для обыкновенных дифференциальных уравнений	Основные понятия и методы решения. Задача Коши. Одношаговые методы. Метод последовательных приближений Пикара. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Многошаговые методы. Методы Адамса.
7	Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	Метод конечных разностей для линейных и нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка. Метод прогонки. Метод Галеркина. Метод коллокации.
8	Численные методы решения уравнений с частными производными	Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Начальные и краевые условия. Задача Коши. Смешанная задача. Метод сеток для уравнений эллиптического типа. Метод сеток для уравнений параболического и гиперболического типа.
9	Численные методы решения задач одномерной оптимизации	Минимум функции одной переменной. Постановка задачи и стратегии описки. Метод золотого сечения.
10	Методы безусловной минимизации функций многих переменных	Минимум функции многих переменных. Необходимые и достаточные условия минимума дифференцируемой функции многих переменных. Выпуклые функции. Методы безусловной минимизации, использующие производные функции (метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска)
11	Решение задач линейного программирования	Постановка и классификация задач математического программирования. Решение задач линейного программирования: постановка задачи, графический метод, симплекс-метод, симплексные таблицы.

5.2 Практические занятия

№	Наименование темы	Содержание темы
1	Введение в предмет. Точность вычислительного эксперимента.	Выполнение практических работ предполагает реализацию численных методов для прикладных задач по индивидуальным вариантам. Студенты должны продемонстрировать умение решать задачи, как с использованием возможностей ППП Matlab, так и реализуя алгоритмы изученных методов.
2	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений.	
3	Численные методы линейной алгебры	
4	Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов	
5	Численное дифференцирование и интегрирование	
6	Численные методы решения начальных для обыкновенных дифференциальных уравнений	
7	Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	
8	Численные методы решения уравнений с частными производными	
9	Численные методы решения задач одномерной оптимизации	
10	Методы безусловной минимизации функций многих переменных	
11	Решение задач линейного программирования	

Практические работы выполняются строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Завершающим этапом выполнения работы является оформление отчета. Отчет оформляется каждым студентом в отдельной тетради. Отчет содержит: лист задания, раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса, включая расчетные формулы основного метода и расчет погрешности метода, раздел, содержащий описание программной реализации: листинг программного блока, раздел, содержащий описание результатов, полученных с использованием возможностей ППП Matlab.

6 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа – 59.8 акад. час. По данному курсу в рамках самостоятельной работы студента предполагается подготовка к устной защите практических работ, подготовка к тестированию и зачету.

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
1	1	Самостоятельная работа по теме «Введение в предмет. Точность вычислительного эксперимента»	4
2	2	Самостоятельная работа по теме «Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений»	4
3	3	Самостоятельная работа по теме «Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений»	4
4	4	Самостоятельная работа по теме «Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных МНК»	4
5	5	Самостоятельная работа по теме «Численное дифференцирование и интегрирование»	4
6	6	Самостоятельная работа по теме «Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»	4
7	7	Самостоятельная работа по теме «Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»	4
8	8	Самостоятельная работа по теме «Численные методы решения уравнений с частными производными»	4
9	9	Самостоятельная работа по теме «Численные методы решения задач одномерной оптимизации».	4
10	10	Самостоятельная работа по теме «Методы безусловной минимизации функций многих переменных».	4
11	11	Самостоятельная работа по теме «Решение задач линейного программирования». Подготовка к тестированию и зачету.	19.8
Итого			59.8

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

Численные методы и методы оптимизации : сб. учеб.-метод. материалов для спец. 24.05.01 и направления подготовки 24.03.01 / АмГУ, ФМиИ; сост. А. Г. Масловская. - Бла-

7 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.01 – «Ракетные комплексы и космонавтика» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Численные методы и методы оптимизации» используются как традиционные (лекция, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, «мозговой штурм»), возможно использование ресурсов сети Internet и электронных учебников). Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

8 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Примерные вопросы к зачету:

1. Классификация погрешностей. Приближенные числа, их абсолютные и относительные погрешности. Верные знаки числа. Арифметические действия над приближенными числами.

2. Правила приближенных вычислений. Погрешности вычисления значений функции.

3. Устойчивость. Корректность. Сходимость итерационных последовательностей.

4. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Методы дихотомии.

5. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Метод Ньютона.

6. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Метод простой итерации.

7. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы. Метод Гаусса. Схема Гаусса с выбором главного элемента.

8. Метод прогонки. Контроль точности при реализации прямых методов решения СЛАУ.

9. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Итерационные методы. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Теорема об оценках погрешностей.

10. Аппроксимация функций. Интерполирование функций. Полиномиальная интерполяция. Интерполяционные формулы Ньютона для равноотстоящих узлов.

11. Аппроксимация функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа.

12. Аппроксимация функций. Метод наименьших квадратов.

13. Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Классификация методов. Метод Пикара.

14. Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений У. Метод Эйлера и его модификации.

15. Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Семейство методов Рунге-Кутты.

16. Линейные многошаговые методы решения задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метода Адамса-Башфорта. Методы Адамса-Моултона. Предикт-корректорные схемы метода Адамса.

17. Приближенные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка краевой задачи. Классификация методов.

18. Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод конечных разностей.
19. Приближенные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод коллокации.
20. Приближенные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Галеркина.
21. Приближенные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. Классификация. Начальные и краевые условия. Задача Коши. Смешанная задача.
22. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. Конечно-разностные аппроксимации производных. Метод сеток для решения задач эллиптического типа.
23. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. Классификация. Начальные и краевые условия. Задача Коши. ЧМ решения задач параболического типа.
24. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. Классификация. Начальные и краевые условия. Задача Коши. ЧМ решения задач гиперболического типа.
25. Минимум функции одной переменной. Постановка задачи и стратегии поиска. Метод золотого сечения.
26. Минимум функции многих переменных. Необходимые и достаточные условия минимума дифференцируемой функции многих переменных. Метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска.
27. Постановка и классификация задач математического программирования. Решение задач линейного программирования: постановка задачи, графический метод, симплекс-метод, симплексные таблицы.
28. Решение задач линейного программирования: симплекс-метод, симплексные таблицы.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

- 10.1 Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/537>. — Загл. с экрана.
- 10.2 Лесин, В.В. Основы методов оптимизации. [Электронный ресурс] / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 344 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/86017> — Загл. с экрана.
- 10.3 Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс]: учебник. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2008. — 249 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=54
- 10.4 Колбин, В.В. Специальные методы оптимизации. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2014. - 384 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/41015>.
- 10.5 Кондаков Н.С. Основы численных методов [Электронный ресурс]: практикум/ Кондаков Н.С. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский гуманитарный университет, 2014. – 92 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39690>. – ЭБС «IPRbooks»
- 10.6 Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах. [Электронный ресурс] / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 512 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/67460>.

10.7 Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 208 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/378>.

10.8 Численные методы: использование инструментальных средств к реализации алгоритмов на базе ППП MATLAB [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Масловская, А. В. Павельчук ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2016. - 212 с. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7430.pdf

10.9 Основные принципы работы и конструирование интерфейса в MATLAB [Текст]: практикум / А. Г. Масловская, А. В. Рыженко; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2008. - 103 с.

10.10. Детерминированные математические модели. Учебно-методическое пособие / / А. Г. Масловская АмГУ, ФМиИ. – Благовещенск: Издательство Амурского государственного университета, 2020. - 55 с. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11487.pdf

б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Описание
1	Операционная система Windows 7 Pro	Dream Spark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 г.
2	Операционная система MS Windows 7 Pro, Операционная система MS Windows XP SP3	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
3	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
4	MS Office 2010 standard	лицензия Microsoft office 2010 Standard RUS OLP ML Academic 50, договор №492 от 28 июня 2012 года
5	MATLAB+SIMULINK	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013

Интернет-ресурсы

№	Наименование Интернет-ресурса	Описание
1	http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU- это крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 14 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 2200 российских научно-технических журналов, в том числе более 1100 журналов в открытом доступе.
2	http://lanbook.com/	Ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническими гуманитарным наукам.
3	http://www.iprbooks-hop.ru	Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новей-

№	Наименование Интернет-ресурса	Описание
		шие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования.
4	http://exponenta.ru/	Имеются ресурсы: Internet-класс по Высшей Математике; работа с примерами, решенными в средах ППП; банк решенных студенческих задач; обсуждение на форуме.
5	http://www.mathnet.ru/	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru – это современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России. Библиотека ряда рецензируемых периодических изданий по математическому и естественно-научному направлениям, гибкий интерфейс, удобная поисковая система, дополнительные ресурсы. Открыт свободный доступ к полным текстам статей журналов Академиздатцентра "Наука" РАН. Доступ предоставляется по прошествии трех лет с момента выхода соответствующего номера журнала.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Адрес	Название, краткая характеристика
1	https://www.runnet.ru	RUNNet (RussianUNiversityNetwork) – научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (NationalResearchandEducationNetworks, NREN) и с Интернет.
2	https://scholar.google.ru/	GoogleScholar — поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
3	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4	http://www.ict.edu.ru/about	Информационно-коммуникационные технологии в образовании – федеральный образовательный портал, обеспечивающий информационную поддержку образования в области современных информационных и телекоммуникационных технологий, а также деятельности по применению ИКТ в сфере образования.
5	https://reestr.minsvyaz.ru	Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных
6	http://www.informika.ru	Сайт «Информика». Обеспечивает информационную поддержку всестороннего развития и продвижения новых информационных технологий в сферах образования и науки России
7	http://www.mathnet.ru/	Math-Net.Ru. Общероссийский математический портал. Современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор. Лекции проводятся в стандартной аудитории, оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин, включая мультимедиа-проектор. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, рассчитанном на 10 посадочных рабочих мест пользователей, в котором установлен и применяется пакет прикладных программ Matlab. Данное оборудование и программное обеспечение применяется при изучении дисциплины.