Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет компьютерной математики
кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДЕНО
на 2022 -2023 учебный год
Методическим советом Филиала
Протокол № 8 от «28» 06 2022 г.
Заместитель директора по учебной работе
Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
_______________ О.А. Шпырко
«03» сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

УТВЕРЖДЕНО
на 2023 -2024 учебный год
Методическим советом Филиала
Протокол № 9 от «28» 06 2023 г.
Заместитель директора по учебной работе
Заведующий кафедрой

Б-ОПЦ ОБЫКНОВЕННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

код и наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки:

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП:
общий

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения

очная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры программирования
протокол № 2 от «10» июня 2021 г.
Заведующий кафедрой прикладной
математики
_____________________(С. И. Гуров)
(подпись)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г.Севастополе
Протокол № 8 от «31» августа 2021 г.
_______________(С. А. Наличаева)
(подпись)

Севастополь, 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г.
(в редакции приказа МГУ от 11 сентября 2019г №1109)

Год (годы) приема на обучение с 2019

.

курс – 2
семестры – 3, 4
зачетных единиц **7**
академических часов 252**,** *в т.ч.:*
лекций – 72 ч
практических (семинарских) занятий – 72 ч
Формы промежуточной аттестации – **зачёт** в 3 семестре
экзамен в 4 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.

Дисциплина «Обыкновенные дифференциальные уравнения» входит в базовую часть профессионального цикла ОС МГУ по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (бакалавр)».

На втором курсе студенты по направлению «Прикладная математика и информатика» изучают курс «Обыкновенные дифференциальные уравнения», предусмотренный программой факультета Вычислительной Математики и Кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова. Ввиду того, что дифференциальные уравнения встречаются в физике (в механике, радиофизике, теории колебаний, квантовой физике, в физике моря), в экономике, в экологии важность этого курса не вызывает сомнений. Математики - прикладники, в силу специфики своей специальности, должны уметь смоделировать явление с помощью дифференциальных уравнений и решить это уравнение. Поэтому курс дифференциальных уравнений строится таким образом, чтобы показать связь этих уравнений с физикой явлений. Не случайно, поэтому, первая лекция посвящена физическим задачам, приводящим к дифференциальным уравнениям. Большое внимание уделяется практике решения дифференциальных уравнений.

Предмет дисциплины – обыкновенные дифференциальные уравнения и системы уравнений, уравнения в частных производных первого порядка, теория устойчивости решений систем, краевые задачи и вариационное исчисление.

Целью освоения дисциплины «Обыкновенные дифференциальные уравнения» является:

- ознакомление с основными понятиями теории дифференциальных уравнений, методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Изучение теории устойчивости нелинейных динамических систем, краевых задач и методов их решения, а также квазилинейных уравнений в частных производных первого порядка. Ознакомление с постановкой и методами решения задач вариационного исчисления.

Основные задачи дисциплины:

- дать фундаментальную подготовку в решении дифференциальных уравнений, умении применять их в решении прикладных задач;

- научить исследовать устойчивость динамических систем, ставить и решать краевые задачи, освоить методы вариационного исчисления, видеть применение методов вариационного исчисления в практических задачах;

- научить применению полученных теоретических знаний по дифференциальным уравнениям к задачам математического моделирования.

Содержание курса излагается по разделам, соответствующим курсу «Обыкновенные дифференциальные уравнения» факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова.

В третьем семестре идёт ознакомление с типами дифференциальных уравнений первого порядка, с их классификацией и методами решения. Рассматриваются уравнения порядка выше первого и методы понижения порядка уравнения. Затем рассматривается линейное уравнение и линейные системы. Далее формулируются основные понятия теории устойчивости по Ляпунову и рассматриваются первый и второй методы Ляпунова. Анализируется поведение динамической системы второго порядка на фазовой плоскости.

В четвёртом семестре решаются нелинейные системы и квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка. Даётся понятие о краевых задачах, функции Грина, представлении решения краевой задачи с помощью функции Грина. Решается задача Штурма - Лиувилля на отрезке. Доказывается теорема Стеклова. Затем излагаются основные элементы вариационного исчисления, выводится необходимое условие экстремума функционала как в одномерном, так и в многомерном случаях. Решаются задачи на уловный экстремум функционала.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Логически и содержательно-методически данная дисциплина связана с базовыми курсами: «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Введение в численные методы», «Классическая механика», «Электромагнетизм». Естественным продолжением курса «Обыкновенные дифференциальные уравнения» является курс «Уравнения математической физики», который читается в 5 семестре.

Для успешного освоения дисциплины «Обыкновенные дифференциальные уравнения» студент должен обладать основами знаний по математическому анализу, линейной алгебре, в частности уметь находить собственные значения и собственные векторы матрицы, владеть приёмами интегрирования и т.д.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- классификацию дифференциальных уравнений, интегрируемых в квадратурах;
- методы понижения порядка уравнения;
- линейное дифференциальное уравнение, определитель Вронского, фундаментальную систему решений;
- основные понятия теории устойчивости;
- классификацию точек покоя на фазовой плоскости;
- краевую задачу Штурма – Лиувилля, теорему Стеклова;
- понятие вариации функционала, необходимое условие экстремума функционала.

Уметь:

- решать дифференциальные уравнения первого порядка, интегрируемы в квадратурах;
- находить общие, частные и особые решения;
- строить фундаментальную систему решений линейного дифференциального уравнения и линейной системы;
- применять на практике методы нахождения фундаментальной системы решений в резонансном случае;
- строить фазовый портрет системы второго порядка, находить и классифицировать особые точки, анализировать систему на устойчивость по Ляпунову;
- решать краевые задачи второго порядка, строить функцию Грина;
- находить экстремали функционала;

Владеть:

- методами решения линейных и нелинейных систем дифференциальных уравнений;
- способностью применять на практике базовые положения теории краевых задач и вариационного исчисления;
- навыками решения линейных дифференциальных уравнений, которые часто встречаются на практике.

4. Формат обучения- очный

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 7з.е., в том числе 144 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 108 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

Общая трудоемкость дисциплины составляет:

Общая трудоемкость дисциплины составляет:

зачетных единиц **7**

академических часов 252**,** *в т.ч.:*

лекций – 72 ч

практических (семинарских) занятий – 72 ч

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	**Номинальные трудозатраты обучающегося**			**Всего академических часов**	**Форма текущего контроля успеваемости** (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		**Самостоятельная работа обучающегося, академические часы**		
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
Раздел 1. Дифференциальные уравнения первого порядка	10	11	12	33	Контрольная работа
Раздел 2. Дифференциальные уравнения порядка выше первого	10	9	12	31	Опрос у доски
Раздел 3. Системы линейных дифференциальных уравнений	10	10	14	34	Контрольная работа
Раздел 4. Теория устойчивости	6	6	10	22	Опрос у доски
	36	36	48	120	
Промежуточная аттестация *(зачет(ы)*	зачет		6	6	

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося: Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы — Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)
и (или) экзамен(ы))					
Итого				126	
4 семестр					
Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**	**Номинальные трудозатраты обучающегося** **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы** — Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	**Самостоятельная работа обучающегося, академические часы**	**Всего академических часов**	**Форма текущего контроля успеваемости** (наименование)
Раздел 5. Нелинейные системы. Квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка	6	6	6	18	Консультации
Раздел 6. Краевые задачи	15	15	30	60	Контрольная работа
Раздел 7. Вариационное исчисление	15	15	10	40	Контрольная работа
	36	36	46	118	
Промежуточная аттестация *(зачет(ы) и (или) экзамен(ы))*	экзамен		8	8	
Итого				126	
Итого	72	72	108	252	

№ п/п	Название темы	Количество часов			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	С	СРС	
Семестр: 3					
	Раздел 1. Дифференциальные уравнения первого порядка	10	11	19	Контрольная работа
	Раздел 2. Дифференциальные уравнения порядка выше первого	10	9	11	Опрос у доски
	Раздел 3. Системы линейных дифференциальных уравнений	10	10	15	Контрольная работа
	Раздел 4. Теория устойчивости	6	6	9	Опрос у доски
	ИТОГО	36	36	54	
ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ					Зачёт – 6 ч.

Семестр: 4

№ п/п	Название темы	Количество часов			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	С	СРС	
	Раздел 5. Нелинейные системы. Квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка	6	6	6	Консультации
	Раздел 6. Краевые задачи	21	20	32	Контрольная работа
	Раздел 7. Вариационное исчисление	15	16	16	Контрольная работа
	ИТОГО	36	36	54	
ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ					ЭКЗАМЕН 36 ч

где: Л – лекции, С – семинарские занятия, СРС – самостоятельная работа студентов.

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	**Раздел 1.** Дифференциальные уравнения первого порядка	Понятие дифференциальных уравнений. Физические задачи, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Уравнение колебаний. Уравнение радиоактивного распада. Задачи Коши с начальными данными и краевые задачи. Понятие корректности постановки задачи. Лемма Гронуола-Беллама. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для уравнения первого порядка, разрешенного относительно производной. Непрерывная зависимость от параметра и начальных условий. Метод изоклин решения

		дифференциальных уравнений. Принцип сжимающих отображений и доказательство с помощью его теоремы существования и единственности для дифференциального уравнения первого порядка и для систем. Дифференциальные уравнения, интегрируемые в квадратурах. Общее, частное, особое решение. Метод разделения переменных. Однородное, линейное, уравнение в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Дифференциальные уравнения первого порядка, неразрешенные относительно производной. Теорема существования и единственности решения. Уравнения Лагранжа, уравнение Клеро. Особые решения [4]№ 51-60, 88,89,91,92,100, №101-106, 113-120, 124-129, № 136-140, 146-148, 150,151-152, 167-170, № 186-188, 195-200, 211-215, № 241-245, 251-255, 267, 271-274, 283, 287-293, 296
2.	**Раздел 2.** Дифференциальные уравнения порядка выше первого	Фундаментальная система решений. Определитель Вронского. Формула Лиувилля-Остроградского. Метод неопределённых коэффициентов решения неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами. Примеры. Задача Коши для линейного уравнения. Функция Коши. Представление решения с помощью функции Коши. Уравнение Эйлера. Сведение к уравнению с постоянными коэффициентами. Применение формулы Лиувилля – Остроградского к решению линейных уравнений. Примеры. [4]№ 421-425, 434-437, 447, 455-458, 460-466, 475-480, № 511-520, № 533-539, 544-547, 575-579, № 582- 585, № 589- 595, 681 - 684.
3.	**Раздел 3.** Системы линейных дифференциальных уравнений	Линейное неоднородное дифференциальное уравнение. Метод вариации постоянных нахождения частного решения неоднородного уравнения. [4] № 786-791, 796-802, № 792, 804-808, № 826-833, № 846-848
4.	**Раздел 4.** Теория устойчивости	Основные понятия теории устойчивости. Устойчивость решения линейной системы. Точки покоя. Устойчивость по первому приближению (первый метод Ляпунова). Примеры. Исследование траекторий в окрестности точки покоя. Классификация точек покоя. Фазовая плоскость. Фазовый портрет системы. Примеры. Исследование устойчивости квазилинейных систем. Второй метод Ляпунова. Функция Ляпунова. Теорема Ляпунова об устойчивости. [4] № 899-904, 915-919, № 1021-1026, 1001, 1002
5.	**Раздел 5.** Нелинейные системы. Квазилинейные уравнения в частных производных первого	Нелинейные системы. Квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка. Нелинейные системы. Первые интегралы автономной системы. Квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка. Характеристики. Общее решение.

	порядка	Задача Коши. [4] № 1141-1144, № 1146-1150, № 1167-1170, 1174, 1186, № 1187, 1189, 1207
6.	**Раздел 6.** Краевые задачи	Постановка краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Существование и единственность решения краевой задачи. Формула Грина. Построение решения краевой задачи с помощью функции Грина. Примеры. Существование функции Грина. Постановка краевой задачи при существовании решения однородной краевой задачи. Теорема о разрешимости неоднородной краевой задачи. Примеры. [4] № 751-754, 760-761, № 764-768, № 772-773, № 774, № 755, № 782-783, № 1091-1094
7.	**Раздел 7.** Вариационное исчисление	Понятие функционала и его вариации. Постановка вари Необходимое условие экстремума. Основная лемма вар исчисления. Уравнения Эйлера. Функционалы, содержа порядка выше первого. Необходимые условия экстрему вариационные задачи. Уравнение Эйлера-Остроградско функция Грина и представление решения краевой задач Задача Штурма-Лиувилля. Полнота системы собственн нахождения собственных функций и собственных значе Стеклова. Уравнение Бесселя. Построение решения лин виде степенного ряда. Интегрирование уравнения Бессе степенного ряда. Собственные функции краевой задачи Бесселя. Постановка обратных задач для дифференциал нений. Корректность этих задач. [2] гл.6 № 1 – 3, № 14 – 16, 11, № 9, 10, 19, 20, № 12, 13, № 1 – 3

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. *На лекциях* – консультации, устный опрос, оценка конспекта.
2. *В конспекте* каждый студент помимо материалов лекций отражает результат самостоятельного изучения литературы.
3. *На практических (семинарских) занятиях* после изучения типовых задач по темам курса проводится контрольная работа по индивидуальным практическим заданиям. Данные по всем заданиям сохраняются в профиле студента до итогового экзамена.

Работа в аудитории: лекции, консультации, в том числе, консультации для групп и индивидуальные консультации, семинарские занятия, контрольные работы. Просмотр фильма о странном аттракторе Лоренца.

Внеаудиторная работа: самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной работы обучающегося:

- выполнение заданий самостоятельной работы согласно плану;
- научно-исследовательская работа учащегося в библиотеках;
- подготовка к зачёту и устному экзамену.

Виды самостоятельной работы обучающегося сведем в следующую таблицу:

№ п/п	Виды СРС	Часы
1	Проработка лекций по конспекту	14
2	Выполнение домашних практических заданий	16
3	Подготовка к контрольной работе	16
4	Выполнение индивидуального типового расчёта	14
Всего часов:		**60**

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

ПРИМЕР КОТРОЛЬНОЙ

1 Найти общее решение

$\dot{x} = ax + y + t$

$\dot{y} = 3x + 5y$

2 Исследовать на устойчивость нулевое решение

$$\begin{cases} \dot{x} = 2\,\mathrm{e}^{-x} - \sqrt{4+ay}, \\ \dot{y} = \ln(1 + x + ay). \end{cases}$$

3 Найти состояния равновесия и описать их топологический тип.

$$\dot{x} = ln\frac{y^2 - y + 1}{1 + a}$$

$$\dot{y} = x - y$$

4 Решить краевую задачу

y’’+ay=0

y’(0)=0, y(1)=1

5 При каком «b» решение содержит периодические функции

$$\dot{x} = 2x + ay$$

$$\dot{y} = bx + 5y + e^{-3t}$$

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Понятие дифференциальных уравнений и его решения, пример

Физические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям.

Уравнение колебания маятника.

Начальные условия, задача Коши, примеры.

Лемма Гронуолла.

Условие Липшица и теорема о единственности решения, пример.

Частное и общее решения, интеграл дифференциального уравнения, примеры.

Уравнения с разделяющимися переменными, пример решения.

Однородные дифференциальные уравнения, пример решения.

Линейное уравнение первого порядка, пример решения.

Метод вариации для линейного уравнение первого порядка, пример решения.

Уравнения в полных дифференциалах, пример решения.

Интегрирующий множитель, пример решения.

Дифференциальные уравнения, не разрешённые относительно производных, теорема о существовании решения.

Уравнения Лагранжа и Клеро, примеры.

Принцип сжатых отображений, теорема существования и единственности решения задачи Коши.

Теоремы о гладкой зависимости от начальных данных и параметра.

Дифференциальные уравнения n-го порядка. Методы понижения порядка уравнения, пример.

Линейное дифференциальное уравнение n–го порядка, пространство решений, пример.

Определитель Вронского, теоремы об определителе Вронского, примеры

Фундаментальная система решений, теорема об общем решении линейного уравнения n–го порядка, пример.

Общее решение линейного неоднородного уравнения, пример.

Линейные однородные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, действительные различные корни, примеры.

Линейные однородные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, действительные кратные корни, примеры

Линейные однородные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, комплексные корни, примеры.

Линейные неоднородные уравнения второго порядка со специальной правой частью, пример.

Решение линейных неоднородных уравнений второго порядка методом вариации, пример.

Уравнение Эйлера, пример.

Системы дифференциальных уравнений, задача Коши, теорема существования и единственности, общее решение.

Однородная система линейных уравнений, фундаментальная матрица, примеры.

Вронскиан и формула Лиувилля, пример.

Неоднородная система линейных уравнений, теорема о структуре общего решения, пример.

Система линейных уравнений с постоянными коэффициентами, характеристическое уравнение, пример.

Система линейных уравнений с постоянными коэффициентами, случай некратных корней характеристического уравнения, пример.

Система линейных уравнений с постоянными коэффициентами, случай кратных корней характеристического уравнения, пример.

Система линейных уравнений с постоянными коэффициентами, случай комплексных корней характеристического уравнения, пример.

Матричная экспонента как решение системы линейных уравнений.

Решение неоднородных линейных систем, метод вариации произвольных постоянных, пример.

Определение устойчивости, асимптотической устойчивости решения, примеры.

Устойчивость линейных систем с постоянной матрицей, примеры.

Классификация точек покоя линейных систем, примеры

Состояния равновесия нелинейных систем, теорема Гробмана-Хартмана, пример.

Алгоритм исследование траекторий в окрестности точки покоя, пример

Квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка. Характеристики. Задача Коши, пример.

Постановка краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, примеры.

Тождество Лагранжа и формула Грина для краевой задачи, пример.

Существование функции Грина и ее построение, пример.

Построение решения краевой задачи неоднородного уравнения с помощью функции Грина. Примеры.

Задача Штурма-Лиувилля, пример.

Теорема В. А. Стеклова о полноте системы собственных функций задачи Штурма-Лиувилля, нахождение коэффициентов разложения.

Уравнение Бесселя. Интегрирование уравнения Бесселя с помощью степенного ряда.

Форма текущего контроля - контрольная работа. На контрольной работе дается 5 задач, оценка равна числу решенных задач: «отлично» - за 5 решенных задач, «хорошо» - за 4 решенные задачи, «удовлетворительно» - за 3 решенные задачи, «неудовлетворительно» - когда число решенных задач менее трех.
Форма промежуточного контроля - зачет;

- устный экзамен. По результатам устного экзамена студент получает оценку «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». На экзамене дается 2 теоретических вопроса и 2 задачи. Оценка «отлично» ставится, если даны полные верные ответы на теоретические вопросы и решены 2 задачи. Оценка «хорошо» ставится, если 2 задачи, а в ответах на теоретические вопросы допущены неточности. Оценка «удовлетворительно» ставится, если выполнена половина задания. Если ни одна из задач не решена, выставляется оценка «неудовлетворительно».

8. Ресурсное обеспечение:

– **Перечень основной и дополнительной литературы** (учебники и учебно-методические пособия),
– **а) основная литература**
– 1.Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. Дифференциальные уравнения. – М.: «Наука», 1980. -230 с.
– 2.Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. - М.: «Наука», 1965. -279 с.
– 3.Дмитриев В.И. Дифференциальные уравнения и вариационное / Учебное пособие. - М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова, 2000. - 95 с.
– 4.Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. – М.: Интеграл-Пресс, 1998. – 208 с.

б) дополнительная литература:

1. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: «Наука», 1974. - 210 с.
2. Петровский И.Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: «Наука», 1970. - 190 с.

– **Перечень лицензионного программного обеспечения** (при необходимости);
– **Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**;
– **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**
– Journals of American Mathematical Society – http://www.ams.org/journals/
– Journal of the London Mathematical Society – http://www.jlms.oxfordjournals.org/
–
– **Описание материально-технического обеспечения.**
– библиотека Филиала МГУ в г. Севастополе;
– -лекционные аудитории, снабжённые мультимедийными средствами для демонстрации презентаций;
– - компьютерные классы с доступом к Интернет-ресурсам (вкл. ресурсы МГУ) с любого компьютера. Каждому студенту в компьютерном классе должен определяться индивидуальный профиль, дающий возможность сохранять выполненные задания на практических (семинарское) занятиях (в часы самостоятельной работы) до экзамена.
–

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП-соответствует

10. Язык преподавания- русский

11. Преподаватели: Осипенко Г.С., профессор кафедры прикладной математики
12. Авторы программы: Осипенко Г.С., профессор кафедры прикладной математики