

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ М.В. Коломина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой ПМИ

\_\_\_\_\_ М.В. Коломина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРАКТИКУМ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ**

Составитель

**Коломина М.В, к. ф.-м. н., доцент, АГУ**

Направление подготовки/  
специальность

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) ОПОП

**Программирование и искусственный интеллект**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Год приема

**2023**

Курс

**1–2**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Практикум по математическому анализу» является формирование навыков решения задач по основным разделам математического анализа, позволяющих в дальнейшем осваивать другие дисциплины.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- приобретение практических навыков применения современного математического аппарата;
- формирования умений применять методы математического анализа к решению задач об изучении сходимости рядов, разложении в ряд и нахождении сумм числовых и степенных рядов;
- подготовить к изучению других дисциплин.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Практикум по математическому анализу» относится к факультативам.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами: математика общеобразовательной школы.

**Знания:** основных определений и теорем алгебры и начала математического анализа.

**Умения:** решать типовые теоретические и вычислительные задачи.

**Навыки:** логических рассуждений при решении задач.

2.3. Последующие учебные дисциплины, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- Дифференциальные уравнения,
- Математическая статистика,
- Методы оптимизации,
- Теория игр.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

а) общепрофессиональных (ОПК):

- ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;

б) профессиональных (ПК):

- ПК-8: Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

**Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения**

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ОПК-1 ОПК-1.1. Планирует самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач. ОПК-1.2. Обосно-	ИОПК-1.1.1 Знать законы и методы естественных наук и математики, содержание процесса целеполагания и постановки задач.	ИОПК-1.2.1 Уметь планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач, использовать положения, законы и методы естественных наук и математики при решении задач профессиональной дея-	ИОПК-1.3.1 Владеть навыком планирования своей деятельности, обоснования используемых методов и подходов.

вываает и использует положения, законы и методы естественных наук и математики при решении задач профессиональной деятельности.		тельность, обосновывать и применять инновационные идеи и альтернативные подходы к решению задач профессиональной деятельности с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний.	
<b>ПК-8</b> ПК-8.1. Владение методами интегрального и дифференциального исчисления одной и нескольких переменных	ИПК-8.1.1 Знание современного математического аппарата, основных методов решения прикладных задач.	ИПК-8.2. Умеет применять методы интегрального и дифференциального исчисления одной и нескольких переменных при решении прикладных задач.	ИПК-8.3.1 Навыком применения современного математического аппарата при решении прикладных задач.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины составляет 4 (1, 1, 1, 1) зачётных единиц, в том числе 144 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 144 часа – практические занятия).

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины**

№ п/п	Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
1	Раздел 1. Введение в математический анализ	1		7				Практическая работа №1, Контрольная работа №1
2	Раздел 2. Метрическое пространство	1		7				Контрольная работа №2
3	Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной	1		7				Практическая работа №2
4	Раздел 4. Интеграл Римана	1		8				Контрольная работа № 3
5	Раздел 5. Ряды	1		7				Контрольная работа № 4
6	Раздел 6. Функциональные ряды	2		9				Практическая работа №3, Контрольная работа №5, 6
7	Раздел 7. Дифференциальное исчисление функций многих переменных	2		9				Контрольная работа № 7
8	Раздел 8. Интегралы, зависящие от параметра	2		9				Практическая работа №4, Контрольная работа №8
9	Раздел 9. Многократный интеграл Римана	2		9				Практическая работа №5, Контрольная работа №9
10	Раздел 10. Мера и интеграл Лебега	3		18				
11	Раздел 11. Измеримые функции	3		18				Практическая работа №6, Контрольная работа №10
12	Раздел 12. Интеграл Лебега	4		18				Практическая работа №7, Контрольная работа №11
13	Раздел 13. Ряды Фурье	4		18				Практическая работа №8, Контрольная работа №12
<b>ИТОГО</b>				<b>144</b>				<b>зачет</b>

*Примечание:* Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар, ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3 – Матрица соотношения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций**

Раздел, тема дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции		
		ОПК-1	ПК-8	общее количество компетенций
Раздел 1. Введение в математический анализ	7	+	+	2

Раздел 2. Метрическое пространство	7	+	+	2
Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной	7	+	+	2
Раздел 4. Интеграл Римана	8	+	+	2
Раздел 5. Ряды	7	+	+	2
Раздел 6. Функциональные ряды	9	+	+	2
Раздел 7. Дифференциальное исчисление функций многих переменных	9	+	+	2
Раздел 8. Интегралы, зависящие от параметра	9	+	+	2
Раздел 9. Многократный интеграл Римана	9	+	+	2
Раздел 10. Мера и интеграл Лебега	18	+	+	2
Раздел 11. Измеримые функции	18	+	+	2
Раздел 12. Интеграл Лебега	18	+	+	2
Раздел 13. Ряды Фурье	18	+	+	2
<b>Итого</b>	<b>144</b>			

### **Краткое содержание дисциплины**

Введение в математический анализ. Метрическое пространство. Метрическое пространство. Интеграл Римана. Ряды. Функциональные ряды. Дифференциальное исчисление функций многих переменных. Интегралы, зависящие от параметра. Многократный интеграл Римана. Мера и интеграл Лебега. Измеримые функции. Интеграл Лебега. Ряды Фурье.

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине**

Практические занятия – целенаправленная форма организации педагогического процесса, направленная на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Они развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания студентов и выступают как средства оперативной обратной связи.

Правильно организованные практические занятия ориентированы на решение следующих задач:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы теоретических знаний по дисциплине (предмету);
- формирование практических умений и навыков, необходимых в будущей профессиональной деятельности, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Состав заданий для практического занятия должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством учащихся.

1. Практические занятия должны так быть организованы, чтобы студенты ощущали нарастание сложности выполнения заданий, испытывали бы положительные эмоции от переживания собственного успеха в учении, поисками правильных и точных решений.

### **5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)**

#### **Методические рекомендации для студентов**

#### **Практическое занятие. Как к нему готовиться**

1. Практическое занятие наиболее активный вид учебных занятий в вузе. Он предполагает самостоятельную работу над лекциями и учебными пособиями.

2. К каждому практическому занятию нужно готовиться. Подготовку следует начинать с повторения теории (по записям лекций или по учебному пособию). После этого нужно решать задачи из предложенного домашнего задания.

### 5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.

Раздел дисциплины	Форма работы
Раздел 1. Введение в математический анализ	Выполнение практической работы №1, подготовка к контрольной работе №1
Раздел 2. Метрическое пространство	Подготовка к контрольной работе №2
Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной	Выполнение практической работы №2
Раздел 4. Интеграл Римана	Подготовка к контрольной работе № 3
Раздел 5. Ряды	Подготовка к контрольной работе № 4
Раздел 6. Функциональные ряды	Выполнение практической работы №3, подготовка к контрольной работе №5, 6
Раздел 7. Дифференциальное исчисление функций многих переменных	Подготовка к контрольной работе № 7
Раздел 8. Интегралы, зависящие от параметра	Выполнение практической работы №4, подготовка к контрольной работе №8
Раздел 9. Многokратный интеграл Римана	Выполнение практической работы №5, подготовка к контрольной работе №9
Раздел 10. Мера и интеграл Лебега	
Раздел 11. Измеримые функции	Выполнение практической работы №6, подготовка к контрольной работе №10
Раздел 12. Интеграл Лебега	Выполнение практической работы №7, подготовка к контрольной работе №11
Раздел 13. Ряды Фурье	Выполнение практической работы №8, подготовка к контрольной работе №12

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

### 1.1. Образовательные технологии

**Виды учебной работы:** практические занятия, контрольные работы.

**Таблица 4 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Раздел 1. Введение в математический анализ	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 2. Метрическое пространство	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 4. Интеграл Римана	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 5. Ряды	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 6. Функциональные ряды	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 7. Дифференциальное исчисление функций многих переменных	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 8. Интегралы, зависящие от параметра	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 9. Многokратный интеграл Римана	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 10. Мера и интеграл Лебега	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 11. Измеримые функции	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 12. Интеграл Лебега	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических</i>	<i>Не предусмотрено</i>

	<i>предусмотрено</i>	<i>заданий</i>	<i>предусмотрено</i>
<b>Раздел 13. Ряды Фурье</b>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>

## 6.2. Информационные технологии

- использование возможностей Интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы);
- использование электронных учебников и различных сайтов (электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источник информации;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т.д.);

## 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – BiblioТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru).
3. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
4. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем». <https://library.asu.edu.ru>

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Практикум по математическому анализу» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 5 – Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств**

№ п/п	Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемых компетенций	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1. Введение в математический анализ	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №1
2	Раздел 2. Метрическое пространство	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №2
3	Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной	ОПК-1, ПК-8	
4	Раздел 4. Интеграл Римана	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа № 3
5	Раздел 5. Ряды	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа № 4
6	Раздел 6. Функциональные ряды	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №5, 6
7	Раздел 7. Дифференциальное исчисление функций многих переменных	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа № 7
8	Раздел 8. Интегралы, зависящие от параметра	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №8
9	Раздел 9. Многократный интеграл Римана	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №9
10	Раздел 10. Мера и интеграл Лебега	ОПК-1, ПК-8	
11	Раздел 11. Измеримые функции	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №10
12	Раздел 12. Интеграл Лебега	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №11
13	Раздел 13. Ряды Фурье	ОПК-1, ПК-8	Контрольная работа №12

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 6 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

## 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для результатов обучения по дисциплине

### Примерные задания контрольных работ

*Тема:* Интеграл и введение в многомерный анализ

#### Вариант 1

Задание 1. Подсчитайте работу по перемещению массы в гравитационном поле Земли и покажите, что эта работа зависит только от уровней высот исходного и конечного положений. Найдите для Земли работу выхода из ее гравитационного поля и соответствующую (вторую) космическую скорость. На примере маятника и двойного маятника поясните, как на множестве соответствующих конфигураций можно ввести локальные координаты и окрестности и как при этом возникает естественная топология, превращающая его в конфигурационное пространство механической системы. Можно ли метризовать это пространство в рассмотренных случаях?

Задание 2. На примере маятника и двойного маятника поясните, как на множестве соответствующих конфигураций можно ввести локальные координаты и окрестности и как при этом возникает естественная топология, превращающая его в конфигурационное пространство механической системы. Можно ли метризовать это пространство в рассмотренных случаях?

**Пример заданий для контрольной работы**

**Тема:** Функциональные ряды; Интегралы, зависящие от параметра

**Вариант 1**

**Задание 1.**

Определить множества значений параметров, для которых данный интеграл сходится:

$$\int_{\pi}^{+\infty} \frac{x \cos(x)}{x^p + x^q} dx.$$

**Задание 2.**

- 1)  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\cos nx}{a^{nx}}, a > 1.$
- 2)  $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \ln n} \left( \frac{x+5}{x+3} \right)^n.$
- 3)  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^n} \left( \frac{2x+1}{x+5} \right)^n.$

Найти область сходимости функционального ряда:

**Тема:** Мера и интеграл Лебега

**Вариант 1**

**Задание 1.**

Докажите, что функция  $\varphi = \sum_{n=1}^4 n \chi_{R_n}$  является простой, а затем,

пользуясь определением интеграла от простой функции, вычислите

$$\int_{[0;2]} \varphi(t) dm(t)$$

Вариант	$A_n$
1	$\left[ 1; 1 + \frac{1}{n} \right]$

**Задание 2.**

Пусть  $X = \square$ ,  $S = \{[a;b] \subset X\}$  – полуалгебра стрелок. Рассмотрим функцию  $m_F([a;b]) = F(b) - F(a)$ . При каких значениях параметра  $\alpha$  эта формула задает: а) конечно-аддитивную меру; б)  $\sigma$ -аддитивную меру? Если мера не является  $\sigma$ -аддитивной, то указать множество  $A \in S$  и его разбиение  $A = \bigsqcup_{k=1}^{\infty} A_k, A_k \in S$ , такое, что

$$m_F(A) \neq \sum_{k=1}^{\infty} m_F(A_k)$$

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ \alpha, & t = 0, \\ e^t, & t > 0 \end{cases}$$



## Тема: Измеримые функции

### Вариант 1

#### Задание 1.

1. Определим на отрезке  $[0, 1]$  функцию  $f(x) = \max_{i \in \mathbb{N}} x_i$ , где  $x_i$  — цифры десятичной записи числа  $x = 0, x_1 x_2 x_3 \dots$ . Докажите, что  $f(x)$  измерима и почти всюду постоянна.

#### Задание 2.

2. Обозначим через  $\chi_A(x)$  характеристическую функцию множества  $A$ , равную единице в точках  $x \in A$  и нулю в остальных точках. Определим «треугольное представление» натуральных чисел как разложение  $n = k(k-1)/2 + l$ , где  $k$  — номер диагонали, а  $l$  — номер числа на диагонали в полубесконечной матрице:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & \dots \\ 3 & 5 & \dots & \\ 6 & \dots & & \end{pmatrix}$$

и зададим последовательность функций  $f_n = \chi_{[\frac{l-1}{k}, \frac{l}{k}]}$ , где  $n = k(k-1)/2 + l$ .

Докажите, что  $f_n \xrightarrow{\mu} 0$ , и при этом  $\lim f_n$  не существует ни при каком  $x$ .

## Тема: Интеграл Лебега

### Вариант 1

#### Задание 1.

Доказать существование и вычислить  $\int_A f dm_2$ , где

$A = [0; 1] \times [0; 1]$ ,  $m_2$  — плоская мера Лебега

	$f$
1	$\begin{cases} e^{xy}, x+y \in \square, \\ x+y, x+y \notin \square \end{cases}$
2	$\begin{cases} 1, x-y \in \square, \\ xy^3, x-y \notin \square \end{cases}$
3	$\begin{cases} x^y, y \in \square, \\ x-y, y \notin \square \end{cases}$

#### Задание 2.

Докажите, что функция  $\varphi = \sum_{n=1}^4 n \chi_{A_n}$  является простой, а затем,

пользуясь определением интеграла от простой функции, вычислите

$$\int_{[0; 2]} \varphi(t) dm(t)$$

	$A_n$
1	$\left[1; 1 + \frac{1}{n}\right]$
2	$\left[1 - \frac{1}{n}; 1\right]$
3	$\left[0; \frac{1}{n}\right]$
4	$\left[0; 1 + \frac{1}{n}\right]$
5	$\left[\frac{1}{n}; 2\right]$
6	$\left[0; 2 - \frac{1}{n}\right]$

## Тема: Ряды Фурье

### Вариант 1

#### Задание 1.

Найти преобразование Фурье функции

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } |x| \leq a, \\ 0, & \text{если } |x| > a, \end{cases}$$

#### Задание 2.

Разложить в ряд Фурье по косинусам или по синусам функцию  $y=f(x)$ , определенную на заданном интервале с помощью графика или в явном виде. Построить график суммы полученного ряда Фурье и записать четыре первых ненулевых члена этого ряда.

Все задачи отличаются по тематике. Контрольная засчитывается, когда решены все задачи. Студенту, не решившему определенные задачи, предоставляется возможность на консультации выполнить недостающие задания. Использование каждой дополнительной попытки снижает количество баллов за задачу на 20% от полного количества. Также баллы могут быть снижены за небрежность, отсутствие доказательств, мелкие технические ошибки.

### Вопросы к экзамену 1 семестр

1. Теорема о сжатой функции. Предельный переход в неравенстве
2. Теорема о пределе монотонной функции
3. Теорема об открытых и замкнутых множествах в пространстве и в подпространстве
4. Теорема о компактности в пространстве и в подпространстве
5. Простейшие свойства компактных множеств
6. Принцип выбора Больцано-Вейерштрасса
7. Сходимости в себе и ее свойства
8. Критерий Коши для отображений
9. Свойства непрерывных отображений: арифметические, стабилизация знака, композиция
10. Теорема о топологическом определении непрерывности
11. Теорема Вейерштрасса о непрерывном образе компакта. Следствия
12. Теорема Кантора о равномерной непрерывности
13. Лемма о связности отрезка
14. Теорема Больцано-Коши о промежуточном значении
15. Теорема о сохранении промежутка
16. Описание линейно связных множеств в  $\mathbb{R}$
17. Теорема о непрерывном образе линейно связного множества
18. Теорема о непрерывности монотонной функции. Следствие о множестве точек разрыва
19. Теорема о существовании и непрерывности обратной функции
20. Свойства показательной функции: монотонность, экспонента суммы, непрерывность
21. Свойства показательной функции: композиция экспонент, обратимость. Логарифм. Его свойства.
22. Непрерывность тригонометрических функций и обратных к ним
23. Замечательные пределы с участием синуса, логарифма, степенной и показательной функции
24. Теорема о замене на эквивалентную при вычислении пределов. Таблица эквивалентных

25. Теорема единственности асимптотического разложения
26. Равносильность двух определений производной. Правила дифференцирования.
27. Дифференцирование композиции и обратной функции
28. Теорема Ферма (с леммой)
29. Теорема Ролля
30. Теоремы Лагранжа и Коши. Следствия об оценке приращения и о пределе производной
31. Теорема Дарбу. Следствия
32. Формула Тейлора с остатком в форме Пеано
33. Формула Тейлора с остатком в форме Лагранжа
34. Замечания о представимости функции рядом Тейлора и о дифференцировании разложений Тейлора
35. Теорема о необходимом и достаточном условиях экстремума
36. Лемма о построении последовательности с более высокой скоростью сходимости
37. Правило Лопиталья
38. Теорема Штольца
39. Теорема об односторонней дифференцируемости выпуклой функции
40. Теорема об описании выпуклости в терминах касательных
41. Дифференциальный критерий выпуклости

#### **Вопросы к экзамену 2 семестр**

1. Неравенство Йенсена
2. Неравенство Коши
3. Неравенство Гельдера для конечных сумм
4. Неравенство Минковского
5. Теорема о свойствах неопределенного интеграла
6. Запись рациональной дроби в виде, удобном для интегрирования (док-во для случая вещ. корней)
7. Интегрирование неравенств, следствия об оценке интеграла по модулю и теорема о среднем
8. Теорема Барроу, формула Ньютона--Лейбница, обобщение на случай кусочно-непрерывных функций
9. Свойства интеграла: аддитивность, линейность, интегрирование по частям, замена переменной
10. Неравенство Чебышева для интегралов монотонных функций. Следствие для сумм
11. Формула Валлиса
12. Формула Тейлора с остатком в интегральной форме
13. Интеграл как предел интегральных сумм
14. Теорема об интегральных суммах для центральных прямоугольников
15. Теорема о формуле трапеций, формула Эйлера--Маклорена
16. Асимптотика частичных сумм гармонического ряда
17. Формула Стирлинга
18. Интегральное неравенство Гельдера
19. Интегральное неравенство Йенсена. Неравенство о ср. арифметическом и среднем геометрическом
20. Теорема о вычислении аддитивной функции промежутка по плотности

21. Обобщенная теорема о плотности
22. Площадь криволинейного сектора: в полярных координатах и для параметрической кривой
23. Изопериметрическое неравенство
24. Вычисление длины гладкого пути
25. Объем фигур вращения
26. Простейшие свойства несобственного интеграла
27. Признаки сравнения сходимости несобственного интеграла
28. Теорема об абсолютно сходящихся интегралах
29. Признак Абеля--Дирихле сходимости несобственного интеграла
30. Интеграл Эйлера--Пуассона
31. Гамма функция Эйлера. Простейшие свойства.
32. Неопределённый интеграл
33. Определение интеграла **Римана**, *простейшие* свойства. Критерий существования определённого интеграла.
34. Аксиомы вещественных чисел
35. Законы де Моргана
36. Тождество Лагранжа. Неравенство Коши--Буняковского
37. Счетные множества. Два простейших свойства.
38. Счетность множества рациональных чисел.
39. Несчетность отрезка.
40. Несчетность множества бинарных последовательностей

### **Вопросы к экзамену 3 семестр**

1. Единственность предела и ограниченность сходящейся последовательности
2. Теорема о предельном переходе в неравенствах
3. Теорема о двух городских
4. Бесконечно малая последовательность
5. Теорема об арифметических свойствах предела
6. Неравенство Коши-Буняковского в линейном пространстве, норма, порожденная скалярным произведением
7. Теорема об арифметических свойствах предела последовательности (в  $\mathbb{R}$  с чертой). Неопределенности
8. Теорема о стягивающихся отрезках
9. Открытость открытого шара
10. Описание внутренности множества
11. Теорема о свойствах открытых множеств
12. Теорема о связи открытых и замкнутых множеств, свойства замкнутых множеств
13. Описание замыкания множества в терминах пересечений
14. Теорема о существовании супремума
15. Лемма о свойствах супремума
16. Теорема о пределе монотонной последовательности
17. Определение числа  $\epsilon$ , соответствующий замечательный предел
18. Свойства верхнего и нижнего пределов
19. Техническое описание верхнего предела
20. Теорема о существовании предела в терминах верхнего и нижнего пределов

21. Теорема о характеристике верхнего предела как частичного
22. Эквивалентность определений Гейне и Коши
23. Единственность предела, локальная ограниченность отображения, имеющего предел, теорема о стабилизации знака
24. Интеграл Дирихле
25. Свойства рядов: линейность, свойства остатка, необх. условие сходимости, критерий Больцано--Коши
26. Признак сравнения сходимости положительных рядов
27. Признак Раабе сходимости положительных рядов
28. Интегральный признак Коши сходимости числовых рядов
29. Признак Лейбница
30. Признаки Дирихле и Абеля сходимости числового ряда
31. Теорема о группировке слагаемых
32. Теорема о перестановке слагаемых
33. Теорема Стокса-Зайдля о непрерывности предела последовательности функций. Следствие для рядов
34. Метрика в пространстве непрерывных функций на компакте, его полнота
35. Теорема о предельном переходе под знаком интеграла. Следствие для рядов
36. Теорема о предельном переходе под знаком производной. Следствие для рядов
37. Теорема о предельном переходе в суммах.
38. Теорема о перестановке двух предельных переходов
39. Признак Дирихле равномерной сходимости функционального ряда

### **Вопросы к экзамену 3 семестр**

1. Теорема о круге сходимости степенного ряда
2. Теорема о непрерывности степенного ряда
3. Теорема о дифференцировании степенного ряда
4. Единственность разложения функции в ряд
5. Разложение бинома в ряд Тейлора
6. Единственность производной
7. Лемма о покоординатной дифференцируемости
8. Необходимое условие дифференцируемости.
9. Достаточное условие дифференцируемости
10. Лемма об оценке нормы линейного оператора
11. Дифференцирование композиции
12. Дифференцирование "произведений"
13. Теорема Лагранжа для векторнозначных функций
14. Экстремальное свойство градиента
15. Независимость частных производных от порядка дифференцирования
16. Полиномиальная формула
17. Многомерная формула Тейлора (с остатком в форме Лагранжа и Пеано)
18. Теорема о пространстве линейных отображений
19. Лемма об условиях, эквивалентных непрерывности линейного оператора
20. Теорема Лагранжа для отображений
21. Теорема об обратимости линейного отображения, близкого к обратимому
22. Теорема о непрерывно дифференцируемых отображениях

23. Лемма об оценке квадратичной формы и об эквивалентных нормах
24. Теорема Ферма. Необходимое условие экстремума. Теорема Ролля
25. Достаточное условие экстремума
26. Лемма о "почти локальной инъективности"
27. Теорема о сохранении области
28. Теорема о диффеоморфизме
29. Лемма об оценке линейного приближения
30. Теорема о локальной обратимости
31. Теорема о неявном отображении
32. Теорема о задании гладкого многообразия системой уравнений
33. Необходимое условие относительного локального экстремума
34. Вычисление нормы линейного оператора с помощью собственных чисел
35. Свойства объема: усиленная монотонность, конечная полуаддитивность, «субтрактивность»
36. Теорема об эквивалентности счетной аддитивности и счетной полуаддитивности
37. Теорема о непрерывности снизу

**Таблица 8 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
<b>ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;</b>				
1	Задание закрытого типа	Найти наименьшее значение функции $y = 2^{x^2}$ . а) 0 б) 2 в) 4 г) 1	г) 1	5-10
2		Вертикальная асимптота графика функции $f(x) = \sqrt{x} \cdot e^{\frac{1}{x^2+3x-4}}$ задается уравнением вида а) $x=1$ б) $x=-4$ в) $x=4$ г) $x=0$	а) $x=1$	10
3		Вычислить неопределенный интеграл $\int \frac{x^2+7}{x-3} dx$ а) $-16 \ln(x-3) + c$ б) $\text{tg}(x^2) + c$ в) $\frac{1}{2}x^2 + 3x + 16 \ln(x-3) + c$ г) $\frac{1}{2}(x^2+3) - 16 \ln(x-3)$	в) $\frac{1}{2}x^2 + 3x + 16 \ln(x-3) + c$	15
4		Функция $y = f(x)$ непрерывна в точке $x_0$ , если односторонние пределы в этой точке а) Равны б) Равны $f(x_0)$ в) Равны бесконечности г) Не существует	б) Равны $f(x_0)$	3

5		Точка $x = 1$ для функции $f(x) = \begin{cases}  x - 1 , x \neq 1 \\ 1, x = 1 \end{cases}$ является точкой разрыва а) Устранимой б) С конечным скачком в) Второго рода	а) Устранимой	15
6	Задание открытого типа	Имеет ли предел последовательность: $u_n = n \sin \frac{n\pi}{2}$	нет	10
7		Дано уравнение прямолинейного движения: $s = t^3 + \frac{3}{t}$ . Найти среднюю скорость движения за промежуток времени от $t=4$ до $t=4+\Delta t$ , полагая $\Delta t = 2$	75,88	15
8		На параболе $y=x^2$ взяты две точки с абсциссами $x_1=1$ , $x_2=3$ . Через эти точки проведена секущая. В какой точке параболы касательная к ней будет параллельна проведенной секущей	(2;4)	15
9		Найти точки перегиба и интервалы выпуклости и вогнутости графика функции $y = x^3 - 5x^2 + 3x - 5$ .	Точки перегиба $(\frac{5}{3}; -\frac{250}{27})$ Интервалы выпуклости $(-\infty; \frac{5}{3})$ Интервалы вогнутости $(\frac{5}{3}; +\infty)$	15-20
1		Исходя из определения производной найти $f'(0)$ $f(x) = \begin{cases} \sin(x \cos \frac{5}{x}), x \neq 0; \\ 0, x = 0. \end{cases}$	Функция $f(x)$ не дифференцируема в точке в точке $x=0$	15

**ПК-8. Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат**

1	Задание закрытого типа	Из числовых последовательностей $\left\{ \left(1 + \frac{2}{n}\right)^{-n} \right\}$ , $\left\{ \left(1 - \frac{3}{n}\right)^n \right\}$ , $\left\{ \frac{2-n+10n^2}{4-n^3} \right\}$ , $\left\{ \frac{3+2n-n^2}{1+1000n^2} \right\}$ , бесконечно малой является последовательность а) $\left\{ \frac{2-n+10n^2}{4-n^3} \right\}$ б) $\left\{ \left(1 - \frac{3}{n}\right)^n \right\}$ в) $\left\{ \left(1 + \frac{2}{n}\right)^{-n} \right\}$ г) $\left\{ \frac{3+2n-n^2}{1+1000n^2} \right\}$	а) $\left\{ \frac{2-n+10n^2}{4-n^3} \right\}$	10
2		Предприятие внедряет новую технологию производства, при которой изменение производительности выпуска однородной продукции с течением времени задается функцией $f(t) = \sqrt{t+9} - 3$ , где $t$ – время в неделях. Тогда объем продукции $S(t)$ , произведенной за время $t$ , можно определить как: а) $S(t) = \frac{2}{3} \sqrt{(t+9)^3} - 3t - 18$ б) $S(t) = \frac{2}{3} \sqrt{(t+9)^3} - 3t$ в) $S(t) = \frac{1}{2\sqrt{t+9}} - 3t - \frac{1}{6}$ г) $S(t) = \frac{3}{2} \sqrt{(t+9)^3} - 3t - \frac{81}{2}$	а) $S(t) = \frac{2}{3} \sqrt{(t+9)^3} - 3t - 18$	15
3		Пусть задана функция $y = \arcsin x$ . Отметьте верные утверждения: а) Функция определена на отрезке $[-1;1]$ б) Является обратной для функции $y = \sin x$ на $[-\pi; \pi]$	а) Функция определена на отрезке $[-1;1]$ б) Производная равна $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ на интервале $(-1;1)$	15

		в) Убывает в области определения з) Производная равна $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ на интервале (-1;1)		
4		Какая из перечисленной функций является обратной для функции $y = (x + 1)^3$ а) $x = (y + 1)^3$ б) $x = \sqrt[3]{y} - 1$ в) $x = \sqrt[3]{y - 1}$ г) $x = \sqrt[3]{y}$	б) $x = \sqrt[3]{y} - 1$	15
5		Какая из перечисленных последовательностей сходится: а) $x_n = \frac{n^2 - 2n}{n + 1}$ б) $x_n = \frac{5n}{n + 1}$ в) $x_n = \sin \frac{\pi}{3}$ г) $x_n = n$	б) $x_n = \frac{5n}{n + 1}$	10
6	Задание открытого типа	Составить уравнение касательной к кривой в точке, соответствующей значению параметра $t=t_0$ $\begin{cases} x = 2t - t^2, \\ y = 3t - t^3, \quad t_0 = 1. \end{cases}$	$y = 3x - 1$	15
7		Найти неопределенный интеграл $\int \frac{\sqrt[5]{(1 + \sqrt{x})^4}}{x^{10} \sqrt{x^9}} dx$	$-\frac{10}{9} \cdot \left( \sqrt[5]{\frac{1 + \sqrt{x}}{\sqrt{x}}} \right)^9 + C$	15-20
8		Найти интервалы знакопостоянства и корни функции $y = x^3 - 3x^2 + 2x$	$y > 0$ в интервалах (0;1), (2; +∞); $y < 0$ в интервалах (-∞; 0),	15
9		Найти функцию, обратную $y = 2 \sin 3x$	$y = \frac{1}{3} \arcsin \frac{x}{2}$	5-10
1		Дано уравнение прямолинейного движения точки: $s = 5t + 6$ . Определить среднюю скорость движения: а) за первые 6 секунд; б) за промежуток времени от	а) 5 б) 5	15

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер, быть направлены на формирование и закрепление общекультурных и профессиональных компетенций.

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается оцениванием контрольных заданий, проверкой конспектов лекций, периодическим опросом слушателей на занятиях.

На экзамене оценивается уровень освоения дисциплины «Математический анализ 1» и степень сформированной компетенции.

При текущем контроле уровень освоения учебной дисциплины и степень сформированной компетенции определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:

«ОТЛИЧНО» – вопросы раскрыты на высоком уровне. Выявлены полнота материала, систематичность и последовательность в изложении основных теоретических положений во-



просов. Показаны умения четко и коротко излагать сущность вопросов, способность формулировать основные идеи темы, умение дискутировать. Представлен полный ответ на дополнительные вопросы. Обоснованы все ключевые моменты вопросов.

«ХОРОШО» – вопросы раскрыты полностью, выявлены систематичность и последовательность в изложении основных теоретических вопросов, обоснованы все ключевые моменты темы. Не отражены при дискутировании умения четко и ясно излагать основные идеи темы, ее результаты. Не на все дополнительные вопросы был дан полный ответ.

«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» – вопросы раскрыты не полностью, обоснованы не все ключевые моменты вопросов. Представлена последовательность в изложении основных теоретических положений вопросов. Сущность темы не отражена в ответах на дополнительные вопросы. Возможны ошибки при изложении материала, не показано умение дискутировать.

«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» – вопросы раскрыты не полностью, общая идея верная, но не выявлены систематичность и последовательность в изложении основных теоретических положений. Большинство ключевых моментов темы не обоснованы или имеются неверные обоснования. Возможны ошибки в схемах или чертежах. Ни на один дополнительный вопрос не получен ответ. Не выявлено умение дискутировать, не показано умение излагать материал четко и ясно.

Итоговая оценка успеваемости студентов по дисциплине производится согласно положению о балльно-рейтинговой системе оценки учебных достижений студентов, утвержденного приказом ректора АГУ от 13.01.2014 г. № 08-01-01/08.

Преподаватель, реализующий дисциплину, в зависимости от уровня подготовленности обучающихся может использовать иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

**Таблица 9 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале
90–100	5 (отлично)
85–89	4 (хорошо)
75–84	
70–74	
65–69	
60–64	3 (удовлетворительно)
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Основная литература:**

1. Берман Г.Н. Сборник задач по курсу математического анализа: учеб. пособие. - 22-е изд.; перераб. - СПб.: Профессия, 2005. - 432 с. (114 экз.)
2. Введение в математический анализ. (Избранные темы). Ч.2 / сост. М.В. Коломина. - Астрахань Изд. дом «АГУ», 2004. - 26 с. (19 экз.)
3. Введение в математический анализ. (Избранные темы): метод. рекомендации для студентов по спец.: 010200 - Прикладная математика и информатика; 030100 - Учитель информатики. Ч.1 / сост.: М.В. Коломина. - Астрахань: Изд. дом «АГУ», 2004. - 19 с. (20 экз.)
4. Запорожец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу: учебное пособие. - 7-е изд.; стер. - СПб.: Лань, 2010. - 464 с. (49 экз.)
5. Ильин В.Л. Основы математического анализа. Ч. II : учеб. для ун-тов. - 2-е изд. - М. : Наука, 1980. - 447 с. (4 экз.)
6. Королькова Л.Н., Невидомская И.А., Мелешко С.В., Литвин Д.Б. Дифференциальное

исчисление функций [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2017. URL: [http://www.studentlibrary.ru/book/stavgau\\_00114.html](http://www.studentlibrary.ru/book/stavgau_00114.html) (ЭБС «Консультант студента»).

7. Лакерник А.Р. Высшая математика. Краткий курс [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.: Логос, 2017. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987045237.html> (ЭБС «Консультант студента»).

8. Основы математического анализа (модуль «Неопределенный интеграл») [Электронный ресурс]: учебное пособие / Зубова И.К., Острая О.В. - Оренбург: ОГУ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741017944.html> (ЭБС «Консультант студента»).

9. Основы математического анализа (модуль «Определенный интеграл и несобственные интегралы») [Электронный ресурс]: учебное пособие / Зубова И.К., Острая О.В. - Оренбург: ОГУ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741018514.html> (ЭБС «Консультант студента»).

10. Рощенко О.Е. Математический анализ: дифференциальное и интегральное исчисление функции одной переменной [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229457.html> (ЭБС «Консультант студента»).

11. Рояк С.Х. Пределы. Сборник задач и упражнений [Электронный ресурс]: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. url: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778231283.html> (ЭБС «Консультант студента»).

12. Туганбаев А.А., Математический анализ : ряды [Электронный ресурс] / Туганбаев А.А. - М. : ФЛИНТА, 2017. - 40 с. - ISBN 978-5-9765-1307-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976513075.html> (ЭБС «Консультант студента»).

13. Ушаков В.К. Математика: основы теории дифференциальных уравнений [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.: МИСиС, 2018. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906953056.html> (ЭБС «Консультант студента»).

## 8.2 Дополнительная литература

1. Бутырин В.И. Справочное пособие по высшей математике [Электронный ресурс]: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229402.html> (ЭБС «Консультант студента»).

2. Виноградова И.А. Задачи и упражнения по математическому анализу. В 2 ч. Ч.1. Дифференциальное и интегральное исчисление: рек. М-вом образования РФ в качестве учеб. пособ. для вузов. - изд. 3-е; испр. - М.: Дрофа, 2001. - 725 с. (1 экз.)

3. Ильин В.А. Математический анализ: учебник для студентов вузов / под ред. А.Н.Тихонова. - М.: Наука, 1979. - 720 с. (14 экз.)

4. Казаров С.А. Математический анализ. Ч. 1: учеб. пособ. Введение в анализ. - Астрахань: Изд-во АГПИ, 1995. - 53 с. (28 экз.)

5. Кудрявцев, Л.Д. Курс математического анализа в 3-х томах. Т.1 : Учебн. для студ. ун-тов и вузов. - 2-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Высш.шк., 1988. - 712 с. (38 экз.)

6. Тимошко Ж.И., Селезень С.Л. Математика. Практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Минск: РИПО, 2018. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855037737.html> (ЭБС «Консультант студента»).

7. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления : учебник : в 3 томах / Г. М. Фихтенгольц. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 1 — 2019. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-3993-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113948>

8. Демидович, Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу : учебное пособие для вузов / Б. П. Демидович. — 23-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-6940-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153688>

9. Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа : учебник для вузов : в 2 частях / Г. М. Фихтенгольц. — 13-е, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Часть 1 : Основы математического анализа — 2021. — 444 с. — ISBN 978-5-8114-7583-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162390>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа : учебник для вузов : в 2 частях / Г. М. Фихтенгольц. — 12-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Часть 2 — 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-8375-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175511>
11. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: В 3-х тт.: учебник для вузов: в 3 томах / Г. М. Фихтенгольц. — 15-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. — Том 2: Курс дифференциального и интегрального исчисления — 2021. — 800 с. — ISBN 978-5-8114-7377-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159505>
12. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3-х тт.: учебник для вузов: в 3 томах / Г. М. Фихтенгольц. — 12-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. — Том 3 — 2021. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-8779-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180824>
13. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3-х тт. Том 2 [Электронный ресурс] / Г. М. Фихтенгольц. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2017. — 800 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91898> — Загл. с экрана.
14. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3-х тт. Том 3 [Электронный ресурс] / Г. М. Фихтенгольц. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2017. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90053> — Загл. с экрана.

### **8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины**

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru).

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Мультимедийная аудитория, наличие большой доски.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).