

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
факультет математики и компьютерных наук



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе  
и инновациям

М. Г. Барышев

«31» «мая» 2019 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.ДВ.1.1. Приложения теории римановых поверхностей и нелинейных уравнений математической физики**

Направление подготовки: 01.06.01 Математика и механика

Профиль: 01.01.01 Вещественный, комплексный и функциональный анализ

Форма обучения: очная

Квалификация: Исследователь. Преподаватель - исследователь

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины «Приложения теории римановых поверхностей и нелинейных уравнений математической физики» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, профиль: Вещественный, комплексный и функциональный анализ.

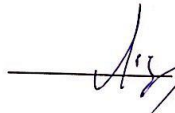
Руководитель ООП,  
составитель программы,



Е.А. Щербаков

Зав. кафедрой теории функций,

23.04.2019 г.

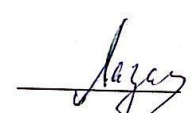


В.А. Лазарев

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теории функций

23.04.2019 г., протокол № 8.

Зав. кафедрой теории функций,



В.А. Лазарев

Зав. отделом аспирантуры



Е.В. Строганова

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины.**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Целью курса является введение в современную теорию нелинейных дифференциальных уравнений, основы которых были заложены при исследовании случая С. Ковалевской в исследовании движения абсолютно-твёрдого тела вокруг неподвижной точки и заключается в использовании трансцендентных функций специального вида для представления решений уравнений типа Кортевича-де Фриза, Падомцева-Петвиашвили по специальности 01.01.01 Вещественный, комплексный и функциональный анализ.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

- освоить методы исследования нелинейных уравнений, основанные на свойствах пространств мероморфных функций и дифференциалов на римановых поверхностях.

### **1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Приложения теории римановых поверхностей и нелинейных уравнений математической физики» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Программа рассчитана на аспирантов, прослушавших курс Современные вопросы теории функций: и курс математического анализа, включающий дифференциальное и интегральное исчисление, а также курсы линейной алгебры.

Знания, полученные в этом курсе, необходимы для проведения научно-исследовательской работы и успешной сдачи государственной итоговой аттестации.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК)

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                       | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                                                                                            |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                |
|--------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                                             | знать                                                                                                                                                  | уметь                                                                                                                                                                                        | владеть                                                                                                                                        |
| 1.     | ПК-1               | способность к системному мышлению и грамотному использованию основных принципов, концепций и методов вещественного, комплексного и функцио- | основные понятия и гипотезы для предметной области и исследуемых моделей. В том числе: математические понятия дисциплины и формулировки всех утвержде- | основные понятия и гипотезы для предметной области и исследуемых моделей. В том числе: исследовать пространства мероморфных функций на компактных римановых поверхностях, пространства голо- | навыками применения классических и современных методов анализа математических моделей формализованных материальных объектов и процессов. В том |

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны |                                                                                                                    |                                                                                                                 |
|--------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                       | знать                                                       | уметь                                                                                                              | владеть                                                                                                         |
|        |                    | нального анализа                      | ний и теорем;                                               | морфных и абелевых дифференциалов, а также использовать их для исследования нелинейных дифференциальных уравнений. | числе: навыками практического использования теории меры при решении различных теоретических и прикладных задач; |

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице  
(для аспирантов ОФО).

| Вид учебной работы                        | Всего часов | Курсы (часы)   |
|-------------------------------------------|-------------|----------------|
|                                           |             | 2              |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | <b>20</b>   | <b>20</b>      |
| В том числе:                              |             |                |
| Занятия лекционного типа                  | 8           | 8              |
| Лабораторные занятия                      | 12          | 12             |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>     | <b>97</b>   | <b>97</b>      |
| <b>Промежуточная аттестации (экзамен)</b> | <b>27</b>   | <b>экзамен</b> |
| Общая трудоемкость час<br>зач. ед.        | 144         | 144            |
|                                           | 4           | 4              |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые на 2 курсе (очная форма)

| №  | Наименование разделов                                         | Количество часов |                   |    |                      |
|----|---------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----------------------|
|    |                                                               | Всего            | Аудиторная работа |    | Внеаудиторная работа |
|    |                                                               |                  | Л                 | ЛР | СРС                  |
| 1  | 2                                                             | 3                | 4                 | 5  | 6                    |
| 1. | Определение абстрактной римановой поверхности.                | 38               | 2                 | 2  | 16                   |
| 2. | Мероморфная группа.                                           |                  |                   | 2  | 16                   |
| 3. | Алгебраические кривые.                                        | 38               | 2                 | 2  | 16                   |
| 4. | Мероморфные функции и дифференциалы на алгебраической кривой. |                  |                   | 2  | 16                   |
| 5. | Преобразование Абеля.                                         | 20               | 2                 | 2  | 16                   |
| 6. | Функции Бейкера-Ахиезера.                                     | 21               | 2                 | 2  | 17                   |

|  |                      |     |   |    |    |
|--|----------------------|-----|---|----|----|
|  | Итого по дисциплине: | 117 | 8 | 12 | 97 |
|--|----------------------|-----|---|----|----|

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

| №  | Наименование раздела                                          | Содержание раздела                                                                                                                                           | Форма текущего контроля |
|----|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                                             | 3                                                                                                                                                            | 4                       |
| 1. | Определение абстрактной римановой поверхности.                | Определение абстрактной римановой поверхности. Открытые и компактные римановы поверхности. Род римановой поверхности.                                        | Устный опрос            |
| 2. | Мероморфная группа.                                           | Мероморфная группа. Ее свойства. Группы коэнгруентности модулярной группы и их римановы поверхности.                                                         | Устный опрос            |
| 3. | Алгебраические кривые.                                        | Алгебраические кривые. Компактификация алгебраических кривых в $CP_2$ . Особые точки алгебраических кривых. Пересечение алгебраических кривых. Теорема Безу. | Устный опрос            |
| 4. | Мероморфные функции и дифференциалы на алгебраической кривой. | Мероморфные функции и дифференциалы на алгебраической кривой. Теорема Римана-Роха.                                                                           | Устный опрос            |
| 5. | Преобразование Абеля.                                         | Преобразование Абеля. Многообразие свойств алгебраической кривой. Задача обращения Якоби.                                                                    | Устный опрос            |
| 6. | Функции Бейкера-Ахиезера.                                     | Функции Бейкера-Ахиезера. Применение к теории нелинейных систем.                                                                                             | Устный опрос            |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| №  | Наименование лабораторных работ                | Форма текущего контроля                 |
|----|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | 3                                              | 4                                       |
| 1. | Определение абстрактной римановой поверхности. | Обсуждения домашних заданий. Блиц-опрос |

|    |                                                               |                                         |
|----|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 2. | Мероморфная группа.                                           | Обсуждение домашних заданий             |
| 3. | Алгебраические кривые.                                        | Обсуждение домашних заданий             |
| 4. | Мероморфные функции и дифференциалы на алгебраической кривой. | Обсуждения домашних заданий. Блиц-опрос |
| 5. | Преобразование Абеля.                                         | Обсуждения домашних заданий. Блиц-опрос |
| 6. | Функции Бейкера-Ахизера.                                      | Обсуждения домашних заданий. Блиц-опрос |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

| № | Вид СРС                                      | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1 | разбор лекций                                | 1. Милнор, Д. Теория Морса / Д. Милнор ; пер. с англ. В.И. Арнольд. - М. : б.и., 1963. - 181 с. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811</a><br>2. Альфорс, Л. Пространства римановых поверхностей и квазиконформные отображения / Л. Альфорс, Л. Берс ; пер. с англ. В.А. Зорич, А.А. Кириллов ; под ред. Б.В. Шабат, Н.И. Плужниковой. - М. : Издательство иностранной литературы, 1961. - 175 с. : ил. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358</a> |
| 2 | работа с литературой                         | 1. Милнор, Д. Теория Морса / Д. Милнор ; пер. с англ. В.И. Арнольд. - М. : б.и., 1963. - 181 с. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811</a><br>2. Альфорс, Л. Пространства римановых поверхностей и квазиконформные отображения / Л. Альфорс, Л. Берс ; пер. с англ. В.А. Зорич, А.А. Кириллов ; под ред. Б.В. Шабат, Н.И. Плужниковой. - М. : Издательство иностранной литературы, 1961. - 175 с. : ил. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358</a> |
| 3 | отработка навыков решения практических задач | 1. Милнор, Д. Теория Морса / Д. Милнор ; пер. с англ. В.И. Арнольд. - М. : б.и., 1963. - 181 с. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811</a><br>2. Альфорс, Л. Пространства римановых поверхностей и квазиконформные отображения / Л. Альфорс, Л. Берс ; пер. с англ. В.А. Зорич, А.А. Кириллов ; под ред. Б.В. Шабат, Н.И.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                    | Плужниковой. - М. : Издательство иностранной литературы, 1961. - 175 с. : ил. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  | подготовка к занятиям-конференциям | 1. Милнор, Д. Теория Морса / Д. Милнор ; пер. с англ. В.И. Арнольд. - М. : б.и., 1963. - 181 с. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=454811</a><br>2. Альфорс, Л. Пространства римановых поверхностей и квазиконформные отображения / Л. Альфорс, Л. Берс ; пер. с англ. В.А. Зорич, А.А. Кириллов ; под ред. Б.В. Шабат, Н.И. Плужниковой. - М. : Издательство иностранной литературы, 1961. - 175 с. : ил. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450358</a> |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии.**

Активные и интерактивные формы: лекции: проблемная лекция, лекция – пресс-конференция (могут применяться презентации); практические занятия: мозговой штурм, занятие – конференция (с применением презентаций), разбор практических задач, контрольные работы, активизация творческой деятельности, регламентированная дискуссия; для воплощения образовательных форм могут быть использованы компьютерные технологии.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

##### **Контрольные вопросы**

1. Пусть  $\Gamma$  алгебраическая кривая, определяемая выражением

$w^2 = P_3(z)$ . Что представляет собой матрица периодов римановой поверхности  $\Gamma$ ?

Определить матрицу периодов поверхности

$w^2 = P_{2g+1}(z)$ .

2. Как определить в-периоды абелевых дифференциалов  $\Omega_p^n, \Omega_{pQ}$  с помощью голоморфных дифференциалов?
3. Установить связь теоремы Абеля с арифметическими свойствами алгебраических кривых.
4. Формула Кристофеля-Шварца. Корректна ли задача обращения гиперэллиптических интегралов? Сформулировать проблему Якоби.
5. Определить классическую  $\theta$  – функцию Якоби. Что представляет собой множество нулей этой функции?
6. Функция Бейкера-Ахиезера. Какова связь между функцией Бейкера-Ахиезера и  $\theta$ -функцией поверхности  $\Gamma$ ?
7. Представление решения уравнения Надомцева-Павиашвили с помощью «компонент» функции Бейкера-Ахиезера.
8. При каких  $x_j = x_j(t), j = \overline{1,3}$  функция  $n = n(x, t) = 2\rho(x - x_1(t)) + 2\rho(x - x_2(t)) + 2\rho(x - x_3(t))$

Будет решением уравнения Кортевача-де Фриза  $\dot{n} = 6nn' - n''$ .

9. Пусть  $\Gamma: w^2 = P_{2g+1}(z)$ . Во что переходят системы уравнений

$$\frac{dz_1}{dx} = \frac{\sqrt{P_5(z_1)}}{z_1 - z_2}, \quad \frac{dz_2}{dx} = \frac{\sqrt{P_5(z_2)}}{z_2 - z_1}, \quad \frac{dz_1}{dt} = \frac{z_2 \sqrt{P_5(z_1)}}{z_1 - z_0}, \quad \frac{dz_2}{dt} = \frac{z_1 \sqrt{P_5(z_2)}}{z_2 - z_1} \quad \text{при отображении}$$

Абеля

$$\eta_1 = \int_{P_0}^{P_1} \frac{dz}{\sqrt{P_5(z)}} + \int_{P_0}^{P_2} \frac{dz}{\sqrt{P_5(z)}}, \quad \eta_2 = \int_{P_0}^{P_1} \frac{z dz}{\sqrt{P_5(z)}}?$$

10. Пусть  $\theta(z/B)$  - функция Римана, соответствующая матрице  $B$ . Пусть  $B = \begin{pmatrix} B' & 0 \\ 0 & B'' \end{pmatrix}$  блочная матрица. Верно ли, что  $\theta(z/B) = \theta(z, B')\theta(z, B'')$ ?

## 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

### Вопросы к экзамену

1. Определение абстрактной римановой поверхности.
2. Алгебраические кривые.
3. Гармонические и голоморфные дифференциалы. Гильбертово пространство дифференциалов на римановой поверхности Лемма Вейля и ортогональные проекции. Теоремы существования абелевых дифференциалов. Пространство мероморфных функций на римановых поверхностях.
4. Построение универсальной накрывающей римановой поверхности. Классификация римановых поверхностей.

5. Конформная модель поверхности гиперболического типа.
6. Компактные римановы поверхности. Пространство гармонических дифференциалов на римановых поверхностях. Билинейные соотношения Римана.
7. Дивизоры на римановых поверхностях. Теорема Римана - Роха. Точки Вейерштрасса.
8. Многолистные накрытия сферы и компактные римановы поверхности.
9. Теорема Абеля и проблема обращения Якоби. Многообразие Якоби. Применение к задачам механики.
10. Поле алгебраических функций (эллиптический и гиперэллиптический случаи). Тэта-функции и задача обращения Якоби. Теорема Римана о нулях тэта – функций. Примеры гамильтоновых систем, интегрируемых с помощью двумерных тэта – функций.
11. Функция Бейкера-Ахиезера, её представление. Решение уравнения КдФ , Кадомцева-Петвиашвили и уравнения Шрёдингера.
12. Восстановление римановой поверхности по её многообразию Якоби.

Ответ аспиранта на экзамене оценивается по пятибальной шкале.

| Планируемые результаты обучения*<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |                                                                                                                                            |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                   | 1                                        | 2                                                                                                                                          | 3                                                                                                                                      | 4                                                                                                                                                                 | 5                                                                                                                                                               |
|                                                                                                   | Отсутствие навыков.                      | Фрагментарное владение навыками применения классических методов решения и исследования задач, моделирующих изучаемые процессы или объекты. | В целом успешное, но не системное владение методами методов решения и исследования задач, моделирующих изучаемые процессы или объекты. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками применения методов решения и исследования задач, моделирующих изучаемые процессы или объекты. | Успешное и систематическое владение навыками применения классических и современных методов анализа математических моделей формализованных объектов и процессов. |

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **5.1 Основная литература:**

1. Милнор, Д. Теория Морса / Д. Милнор ; пер. с англ. В.И. Арнольд. - М. : б.и., 1963. - 181 с. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454811>

2. Альфорс, Л. Пространства римановых поверхностей и квазиконформные отображения / Л. Альфорс, Л. Берс ; пер. с англ. В.А. Зорич, А.А. Кириллов ; под ред. Б.В. Шабат, Н.И. Плужниковой. - М. : Издательство иностранной литературы, 1961. - 175 с. : ил. - (Библиотека сборника "Математика"). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450358>

### **5.2 Дополнительная литература:**

1) Теория меры и тонкие свойства функций [Текст] / Л. К. Эванс, Р. Ф. Гариепи ; пер. с англ. Т. Н. Рожковской ; под ред. Н. Н. Уральцевой. - Новосибирск : Научная книга, 2002. - 206 с. - (Университетская серия ; Т. 9). - Библиогр.: с. 197-200. - ISBN 5881190343;

2) Математическая энциклопедия / гл. ред. И.М. Виноградов. - Москва : Советская энциклопедия, 1977. - Т. 1. А - Г. - 576 с. - (Энциклопедии. Словари. Справочники). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454588>

3) Математическая энциклопедия / гл. ред. И.М. Виноградов. - Москва : Советская энциклопедия, 1979. - Т. 2. Д - Коо. - 552 с. - (Энциклопедии. Словари. Справочники). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454589>.

4) Математическая энциклопедия / гл. ред. И.М. Виноградов. - Москва : Советская энциклопедия, 1982. - Т. 3. Коо - Од. - 592 с. - (Энциклопедии. Словари. Справочники). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454590>.

5) Математическая энциклопедия / гл. ред. И.М. Виноградов. - Москва : Советская энциклопедия, 1984. - Т. 4. Ок - Сло. - 608 с. - (Энциклопедии. Словари. Справочники). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454591>

6) Математическая энциклопедия / гл. ред. И.М. Виноградов. - Москва : Советская энциклопедия, 1985. - Т. 5. Слу - Я. - 624 с. - (Энциклопедии. Словари. Справочники). ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454592>

### 5.3. Периодические издания:

1) Вестник МГУ. Серия: Математика. Механика; <http://vestnik.math.msu.su/>

2) Вестник СПбГУ. Серия: Математика. Механика. Астрономия;  
<http://vestnik.spbu.ru/>

3) Известия ВУЗов. Серия: Математика; <https://kpfu.ru/>

4) Известия РАН (до 1993 г. Известия АН СССР). Серия: Математическая;  
<http://www.mathnet.ru/>

### 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. ЭБС "Университетская библиотека ONLINE" – <http://biblioclub.ru/>

2. Электронная библиотечная система издательства "Лань" – <http://e.lanbook.com/>

3. Электронная библиотечная система "Юрайт" – <http://www.biblio-online.ru/>

4. Scopus – база данных рефератов и цитирования – <http://www.scopus.com/>

6. Научная электронная библиотека (НЭБ) – <http://www.elibrary.ru/>

7. Архив научных журналов – <http://archive.neicon.ru/>

8. Электронная Библиотека Диссертаций – <https://dvs.rsl.ru/>

9. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф/>

10. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций – <http://infoneeds.kubsu.ru/>

### 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал и поднимаются проблемные вопросы; практических занятий, на которых широко используются активные и интерактивные образовательные технологии; лабораторных, в процессе проведения которых обучающиеся отрабатывают навыки решения конкретных научных задач.

Важнейшими составляющими курса являются такие виды занятий, как мозговой штурм и занятие – конференция, на которых по максимуму осуществляется активизация творческой деятельности обучающихся; а также самостоятельная работа аспирантов, такая как разбор лекций, работа с литературой, отработка навыков решения практических задач, подготовка к занятиям-конференциям. В процессе самостоятельной работы обучающимися активно используются информационные справочные системы.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

Текущий контроль осуществляется преподавателем, ведущим практические занятия на основе дискуссии с аспирантами, дающей представление о динамике роста знаний аспирантов и их научном потенциале; учета активности аспиранта на занятиях типа «мозговой штурм» и оценке выступления обучающегося на занятии-конференции. Контроль также осуществляется путем проведения контрольных работ.

Итоговый контроль осуществляется в форме зачета.

Для аспиранта большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала, проводимая научным руководителем.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

- Сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- Обработка текстовой, графической и эмпирической информации;
- Подготовка, конструирование и презентация итогов исследовательской и аналитической деятельности;
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий;
- Работа с информационными справочными системами;
- Использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

- Офисный пакет приложений Microsoft Office.

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

- Электронные ресурсы библиотеки КубГУ – <https://kubsu.ru/node/1145> (см. п. 6)
- Могут использоваться иные информационно-поисковые системы сети Интернет.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

| № | Вид работ              | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                                                                                           |
|---|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Лекционные занятия     | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).                                                                  |
|   | Семинарские занятия    | Специальное помещение, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).                                                                 |
|   | Семинарские занятия    | Аудитория оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |
|   | Групповые (индивидуаль | Аудитория оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и                                                                                       |

|  |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | ные)<br>консультации                                 | обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.                                                                                                                                                      |
|  | Текущий<br>контроль,<br>промежуточн<br>ая аттестация | Аудитория оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.                           |
|  | Самостоятель<br>ная работа                           | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |