

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

подпись

Хагуров Т.А.

30 мая 2025 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 Основы топологии

Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) Математическое моделирование в естествознании  
и технологиях

Форма обучения очная

Квалификация магистр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины «Основы топологии» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Программу составил:

Бабешко В.А., акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой математического моделирования КубГУ

Рабочая программа дисциплины «Основы топологии» утверждена на заседании кафедры математического моделирования протокол №11 от «22» мая 2025 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. Бабешко В.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики протокол № 4 от «23» мая 2025 г.

Председатель УМК факультета д-р. техн. наук, доцент Коваленко А.В.



подпись

Рецензенты:

Калинчук В.В., д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН, заведующий отделом математики, механики и нанотехнологий Южного научного центра РАН

Уртенев М.Х., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры прикладной математики КубГУ

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

### **1.1 Цель освоения дисциплины**

Цели изучения дисциплины определены государственным образовательным стандартом высшего образования и соотнесены с общими целями ООП ВО по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика», в рамках которого преподается дисциплина.

Данная дисциплина ставит своей целью изучение методов исследования математических моделей с использованием топологических методов, овладение аппаратом топологии и выработку у будущих специалистов теоретических знаний и умений, необходимых для научных исследований, получение опыта эффективного применения математических методов в научной деятельности, формирование профессиональных навыков исследователя.

Процесс освоения данной дисциплины направлен на получения необходимого объема теоретических знаний, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное проведение магистром профессиональной деятельности, владение методологией формулирования и решения прикладных задач, а также на выработку умений применять на практике методы прикладной математики и информатики. Цели дисциплины соответствуют следующим формируемым компетенциям: ПК-1., ПК-5.

### **1.2 Задачи дисциплины**

Основные задачи дисциплины:

Основные задачи дисциплины:

- усвоение идей и методов топологии, необходимых для решения прикладных задач применения дисциплины;
- формирование навыков построения и исследования математических моделей, выбора адекватного математического аппарата их исследования, анализа и интерпретации полученных математических результатов исследования реальной задачи;
- формирование творческого подхода к моделированию различных процессов; привитие практических навыков использования топологических методов при решении прикладных задач, анализе и моделировании реальных процессов физики, техники, экологии и др.

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

Дисциплина «Основы топологии» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана подготовки магистра, базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего образования, и является важной составляющей теоретической подготовки квалифицированного специалиста по программе «Математическое моделирование в естествознании и технологиях».

Место курса в профессиональной подготовке магистра определяется ролью математических методов исследования в формировании высококвалифицированного специалиста в любой области знаний, использующей математические модели. Данная дисциплина является важным звеном в обеспечении магистра знаниями, позволяющими прикладнику успешно вести профессиональную деятельность в сфере разработки математических моделей решаемых задач, а также обеспечивать полный цикл процесса моделирования. Имеется логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с

другими частями ООП ВО. Дисциплина «Основы топологии» связана с дисциплинами базового цикла и другими дисциплинами вариативной части. Данный курс наиболее тесно связан с курсами: непрерывные математические модели, математические методы представления и анализа моделей, модели механики деформируемого твердого тела, интегральные уравнения.

Необходимым требованием к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося при освоении данной дисциплины, приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин является уверенное владения материалом следующих курсов: высшая алгебра, дифференциальные уравнения, математический анализ, теория функций комплексного переменного.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

##### **ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики**

**Знать** ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8) Современный отечественный и зарубежный опыт в решении актуальных и значимых задач фундаментальной и прикладной математики

ИПК-1.2 (A/01.6 Зн.1) Методы и приемы формализации задач фундаментальной и прикладной математики

**Уметь** ИПК-1.3 (D/01.6 У.1) Проводить анализ исполнения требований при решении задач фундаментальной и прикладной математики

ИПК-1.4 (A/01.6 У.1) Использовать методы и приемы формализации актуальных и значимых задач фундаментальной и прикладной математики

**Владеть** ИПК-1.11 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта при решении задач фундаментальной и прикладной математики

##### **ПК-5 Способен составлять и публично представлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию**

**Знать** ИПК-5.1 (H/01.6 Зн.5) Психолого-педагогические основы и методика применения технических средств обучения, информационно-коммуникационных технологий, электронных образовательных и информационных ресурсов, дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, если их использование возможно для освоения учебного курса, дисциплины (модуля), способы представления научных обзоров, рефератов и отчетов по тематике проводимых исследований, а также правила написания научной публикации

**Уметь** ИПК-5.4 (H/01.6 У.1) Выполнять деятельность и (или) демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися, и (или) выполнять задания, предусмотренные программой учебного курса, дисциплины (модуля), составлять и публично представлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию

**Владеть** ИПК-5.12 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта, представление соответствующих обзоров и документов

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| ПК-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8) Современный отечественный и зарубежный опыт в решении актуальных и значимых задач фундаментальной и прикладной математики<br>ИПК-1.2 (A/01.6 Зн.1) Методы и приемы формализации задач фундаментальной и прикладной математики<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1) Проводить анализ исполнения требований при решении задач фундаментальной и прикладной математики<br>ИПК-1.4 (A/01.6 У.1) Использовать методы и приемы формализации актуальных и значимых задач фундаментальной и прикладной математики<br>ИПК-1.11 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта при решении задач фундаментальной и прикладной математики                                                                                                                                                             | Знает                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>– основные понятия топологии;</li><li>– формулировки основополагающих теорем;</li><li>– значение топологических методов в прикладной математике;</li><li>– приложения топологических методов в естествознании</li></ul>                                                                                                                                          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Умеет                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>– применять методы топологии к исследованию математической модели;</li><li>– обоснованно выбрать метод для решения конкретной математической задачи</li></ul>                                                                                                                                                                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Владеет                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>– навыками оценки области применимости выбранного метода;</li><li>– языком предметной области.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| ПК-5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Способен составлять и публично представлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| ИПК-5.1 (H/01.6 Зн.5) Психолого-педагогические основы и методика применения технических средств обучения, информационно-коммуникационных технологий, электронных образовательных и информационных ресурсов, дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, если их использование возможно для освоения учебного курса, дисциплины (модуля), способы представления научных обзоров, рефератов и отчетов по тематике проводимых исследований, а также правила написания научной публикации<br>ИПК-5.4 (H/01.6 У.1) Выполнять деятельность и (или) демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися, и (или) выполнять задания, предусмотренные программой учебного курса, дисциплины (модуля), составлять и публично представлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а | Знает                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>– принципы выбора методов и средств решения поставленной задачи;</li><li>– способы использования методов топологии для решения научных задач;</li><li>– основные информационные ресурсы для получения новых знаний;</li><li>– способы и средства получения, переработки и представления информации с помощью информационно-коммуникационных технологий</li></ul> |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Умеет                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>– применять топологические методы к решению задач;</li><li>– аргументировано излагать ход решения;</li><li>– обосновывать выбор метода.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Владеет                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>– навыками анализа, сопоставления и обобщения результатов;</li><li>– навыками использования современных программных средств и пакетов прикладных программ;</li><li>– навыками доказательного представления результатов.</li></ul>                                                                                                                                |  |

|                                                                                                                                                                                            |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| также подготовить научную публикацию<br>ИПК-5.12 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта, представление соответствующих обзоров и документов |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

Процесс освоения дисциплины «Основы топологии» направлен на получения необходимого объема теоретических знаний, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное ведение магистром научно-исследовательской деятельности, владение методологией формулирования и решения прикладных задач, а также на выработку умений применять на практике методы прикладной математики и информатики.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед., (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

| Вид учебной работы                                         |                                      | Всего часов | Семестр (часы) |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|----------------|
|                                                            |                                      |             | 3              |
| <b>Контактная работа, в том числе</b>                      |                                      | <b>28,3</b> | <b>28,3</b>    |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                         |                                      |             |                |
| Занятия лекционного типа                                   |                                      | 14          | 14             |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) |                                      | —           | —              |
| Лабораторные занятия                                       |                                      | 14          | 14             |
| <b>Иная контактная работа:</b>                             |                                      |             |                |
| Контроль самостоятельной работы (КРП)                      |                                      | —           | —              |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                             |                                      | 0,3         | 0,3            |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                |                                      | <b>55</b>   | <b>55</b>      |
| Курсовая работа                                            |                                      | —           | —              |
| Проработка учебного (теоретического) материала             |                                      | 45          | 45             |
| Подготовка к текущему контролю                             |                                      | 10          | 10             |
| <b>Контроль: экзамен</b>                                   |                                      |             |                |
| Подготовка к экзамену                                      |                                      | 24,7        | 24,7           |
| <b>Общая трудоёмкость</b>                                  | <b>час.</b>                          | <b>108</b>  | <b>108</b>     |
|                                                            | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>28,3</b> | <b>28,3</b>    |
|                                                            | <b>зач. ед</b>                       | <b>3</b>    | <b>3</b>       |

### 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре

| №                              | Наименование разделов                                   | Количество часов |                   |           |                      |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|-------------------|-----------|----------------------|
|                                |                                                         | Всего            | Аудиторная работа |           | Внеаудиторная работа |
|                                |                                                         |                  | Л                 | ЛР        |                      |
| 1                              | 2                                                       | 3                | 4                 | 5         | 7                    |
| 1                              | Обобщение понятия пространства                          | 6                | 2                 | –         | 4                    |
| 2                              | Топологические пространства                             | 8                | 2                 | 2         | 4                    |
| 3                              | Операции над множествами в топологических пространствах | 10               | 2                 | 2         | 12                   |
| 4                              | Многообразия                                            | 12               | 2                 | 2         | 8                    |
| 5                              | Дифференцируемые формы на многообразиях.                | 24               | 4                 | 4         | 12                   |
| 6                              | Внешние формы                                           | 7,8              | 2                 | 4         | 15                   |
| Промежуточная аттестация (ИКР) |                                                         | 0,3              | –                 | –         | –                    |
| Подготовка к текущему контролю |                                                         | 24,7             | –                 | –         | –                    |
| <b>Итого:</b>                  |                                                         | <b>108</b>       | <b>14</b>         | <b>14</b> | <b>55</b>            |

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела                                     | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Форма текущего контроля                                           |
|----|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                 |
| 1. | Обобщение понятия пространства                           | Понятие произведения множеств. Отображение множеств. Метризация множеств. Непрерывные отображения. Гомеоморфизм пространств. Отображения непрерывные, равномерно непрерывные, сюръективные, инъективные, биективные. Топологическая эквивалентность пространств.                                                                                                                        | Подготовка реферата и защита реферата, выступления на конференции |
| 2. | Топологические пространства.                             | Метод «склейки». Понятие окрестностей. Фактор-множества. Топологическая структура. Топологические пространства. Широкое понятие Римановой поверхности. База топологии. Подбазы топологий. Эквивалентность баз. Подпространство топологического пространства. Фактор-пространство и фактор-топология. Эквивалентности поверхностей. Классификация поверхностей. Классификация разверток. | Опрос по результатам лабораторной и самостоятельной работы        |
| 3. | Операции над множествами в топологических пространствах. | Замыкания. Понятия предельной точки. Производные множества. Внутренние множества. Граница множества. Операции над множествами. Индуцированные топологии. Произведение топологических пространств. Топология в прямом произведении пространств. Связность топологических пространств.                                                                                                    | Опрос по результатам лабораторной и самостоятельной работы        |

| №  | Наименование раздела                     | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Форма текущего контроля                                                                              |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                                                                                    |
|    |                                          | Аксиомы счетности и отделимости. Нормальные пространства и функциональная отделимость. Теоремы Урысона. Компактные топологические пространства. Понятия гомотопии, ретракции, деформации. Функторы и алгебризация топологических задач.                                                                                                                       |                                                                                                      |
| 4. | Многообразия.                            | Карты, Атласы. Многообразия. Многообразия с краем. Район область действия карты на многообразии. Размерность многообразия. Гладкие отображения и гладкие многообразия. Ориентация многообразия. Условие ориентируемости многообразий. Разбиение единиц. Условие реализации многообразий в виде поверхностей.                                                  | Опрос по результатам индивидуального задания                                                         |
| 5. | Дифференцируемые формы на многообразиях. | Интегрирование на многообразиях Тензоры как объекты на многообразиях. Тензоры как средство описания сплошной среды и физических полей в криволинейных координатах. Диадное представление тензоров. Ковариантные и контравариантные тензоры. Жонглирование индексами. Главные оси и главные компоненты тензора. Способы определения главных компонент тензора. | Опрос по результатам лабораторной и самостоятельной работы; подготовка презентации (защита реферата) |
| 6. | Внешние формы.                           | Альтернирование тензоров. Контравариантные альтернированные тензоры. Тензорное произведение. Полилинейные формы. Разложения полилинейных форм. Внешние формы. Пространства полилинейных форм. Внешние произведения внешних форм. Базис внешних форм. Внешние дифференциальные формы. Применение внешних форм.                                                 | Опрос по результатам лабораторной и самостоятельной работы                                           |

**Раздел 1.** Метрические пространства. Непрерывные отображения. Гомеоморфизмы. Непрерывные отображения. Понятие произведения множеств. Отображение множеств. Метризация множеств. Непрерывные отображения. Гомеоморфизм пространств. Отображения непрерывные, равномерно непрерывные, сюръективные, инъективные, биективные. Топологическая эквивалентность пространств. (2 ч.)

**Раздел 2.** Метод «склейки». Понятие окрестностей. Фактор-множества. Топологическая структура. Топологические пространства. База топологии. Подпространство топологического пространства. Фактор-пространство и фактор-топология. Эквивалентности поверхностей. Классификация поверхностей. Развертки. (2 ч.)

**Раздел 3.** Замыкания. Понятия предельной точки. Производные множества. Внутренние множества. Граница множества. Операции над множествами. Топология в прямом произведении пространств. Связность топологических пространств. Аксиомы счетности и отделимости. Нормальные пространства и функциональная отделимость. Теоремы Урысона. Компактные топологические пространства. (2 ч.)

**Раздел 4.** Карты, Атласы. Многообразия. Многообразия с краем. Район области действия карты на многообразии. Размерность многообразия. Гладкие отображения и гладкие многообразия. Ориентация многообразия. Условие ориентируемости многообразий. Разбиение единиц. Условие реализации многообразий в виде поверхностей. (2 ч.)

**Раздел 5.** Интегрирование на многообразиях Тензоры как объекты на многообразиях. Тензоры как средство описания сплошной среды и физических полей в криволинейных координатах. (2 ч.) Диадное представление тензоров. Ковариантные и контравариантные тензоры. Жонглирование индексами. Главные оси и главные компоненты тензора. Способы определения главных компонент тензора. (2 ч.)

**Раздел 6.** Альтернирование тензоров. Контравариантные альтернированные тензоры. Тензорное произведение. Полилинейные формы. Разложения полилинейных форм. Внешние формы как альтернированные контравариантные тензоры. Пространства полилинейных форм. Внешние произведения внешних форм. Базис внешних форм. Дифференцирование внешних форм. Внешние дифференциальные формы. Теорема Стокса. (2 ч.)

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебный план не предусматривает занятий семинарского типа по дисциплине «Основы топологии».

### 2.3.3 Лабораторные занятия

| № работы | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ                | Форма текущего контроля |
|----------|----------------------|------------------------------------------------|-------------------------|
| 1–4      | 2                    | Метод склеек. Склейка двумерных поверхностей   | Отчет по ЛР             |
| 5,6      | 3                    | Римановы поверхности и алгебраические функции. | Отчет по ЛР             |
| 7        | 6                    | Построение внешних форм                        | Отчет по ЛР             |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебный план не предусматривает курсовых работ по дисциплине «Основы топологии».

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС                                | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                            |
|---|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                      | 3                                                                                                                                                                    |
| 1 | Подготовка индивидуальных заданий      | 1. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Блочные элементы для тел различной формы. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2013. 63 с.               |
| 2 | Подготовка к текущему и промежуточному | 2. Методические указания по организации и выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры математического моделирования факультета компьютерных |

| № | Вид СРС  | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы |
|---|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2        | 3                                                                                         |
|   | контролю | технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол № 10 от 30.03.2018          |

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.

## 2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Целью самостоятельной работы является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий, выработка навыков индивидуальной работы, закрепление навыков, сформированных во время лабораторных занятий.

Содержание приведенной основной (о) и дополнительной (д) литературы позволяет охватить широкий круг топологических методов.

**Раздел 1.** Метрическое Евклидово пространство. Банаховы пространства. Фактор-пространства в банаховых пространствах. Окрестности в метрических пространствах. Открытые и замкнутые множества в банаховых пространствах. Замыкание множеств. Сходимость в банаховых пространствах. Компактность. Линейные непрерывные операторы в банаховых пространствах. [1о– 3о]

**Раздел 2.** Топологическая структура. Индуцированная топология. Понятие стандартного вложения. Компактные пространства и их отображения. Понятие сепарабельного топологического пространства. Связность. Аксиомы связности. Регулярные топологические пространства. [1о– 3о,]

**Раздел 3.** Первая аксиома счетности. Вторая аксиома счетности. Связь между нормальным и регулярным топологическим пространством. Понятие покрытий топологических пространств. Счетные и локально конечные покрытия. Хаусдорфово пространство. Понятие гомотопии. [1д–3д]

**Раздел 4.** Понятие гладких многообразий. Инварианты многообразия. Аналитические многообразия. Многообразия матриц. Произведение многообразий. [1о– 3о]

**Раздел 5.** Гладкие функции на многообразии. Разбиение единицы. Отображения многообразий. Касательное расслоение, касательное пространство. Свойства тензоров. Сложение и умножение тензоров. Тензоры, возникающие при описании сплошных сред. Тензоры напряжений и деформаций. Связь тензоров с внешними формами [1о]

**Раздел 6.** Примеры внешних форм, связанных с представлениями Дивергенции, ротора, градиента. Дифференцирование внешних форм. Теорема Стокса. [10]

### **3. Образовательные технологии**

Программа по дисциплине «Основы топологии» предусматривает использование в учебном процессе следующих образовательных технологий: чтение лекций с использованием мультимедийных технологий; работа над индивидуальными заданиями с использованием пакетов прикладных программ, разбор конкретных ситуаций на практических занятиях.

Компьютерные технологии предоставляют средства разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и бакалаврами во время лекций и анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе моделирования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. При исследовании и решении каждой конкретной задачи имеется, как правило, несколько методов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

При обучении используются следующие образовательные технологии:

- Технология коммуникативного обучения – направлена на формирование коммуникативной компетентности студентов, которая является базовой, необходимой для адаптации к современным условиям межкультурной коммуникации.

- Технология разноуровневого (дифференцированного) обучения – предполагает осуществление познавательной деятельности студентов с учётом их индивидуальных способностей, возможностей и интересов, поощряя их реализовывать свой творческий потенциал.

- Технология модульного обучения – предусматривает деление содержания дисциплины на достаточно автономные разделы (модули), интегрированные в общий курс.

- Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – расширяют рамки образовательного процесса, повышая его практическую направленность, способствуют интенсификации самостоятельной работы учащихся и повышению познавательной активности.

- Интернет-технологии – предоставляют широкие возможности для поиска информации, разработки научных проектов, ведения научных исследований.

- Технология индивидуализации обучения – помогает реализовывать личностно-ориентированный подход, учитывая индивидуальные особенности и потребности учащихся.

- Проектная технология – ориентирована на моделирование социального взаимодействия учащихся с целью решения задачи, которая определяется в рамках профессиональной подготовки, выделяя ту или иную предметную область.

- Технология обучения в сотрудничестве – реализует идею взаимного обучения, осуществляя как индивидуальную, так и коллективную ответственность за решение учебных задач.

- Технология развития критического мышления – способствует формированию разносторонней личности, способной критически относиться к информации, умению отбирать информацию для решения поставленной задачи.

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий стимулируют личностную, интеллектуальную активность, развивают познавательные процессы, способствуют формированию компетенций, которыми должен обладать будущий специалист.

| Семестр | Вид занятия | Используемые интерактивные образовательные технологии                                         |                                                                 | Общее количество часов |
|---------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1       | Л           | Слайд-лекции. Обсуждение сложных и дискуссионных вопросов.                                    |                                                                 | 4                      |
|         |             | №                                                                                             | Тема                                                            | количество часов       |
|         |             | 1                                                                                             | Некоторые модели, описываемые уравнениями в частных производных | 2                      |
|         |             | 2                                                                                             | Специальные функции в математической физике.                    | 2                      |
|         | ЛР          | Компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – студент» |                                                                 | 4                      |
| Итого   |             |                                                                                               |                                                                 | 8                      |

Цель *лекции* – обзор методов построения и исследования математических моделей с использованием топологических методов, знакомство с проблемами и математическим аппаратом. На лекциях студенты получают общее представление о подходах и методах исследования и решения задач.

Цель *лабораторного занятия* – научить применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, при этом практикуется работа в группах.

Групповые индивидуальные задания формируют навыки исследовательской работы в коллективе.

Внеаудиторные формы работы: написание реферата; работа с литературой и электронными ресурсами.

Темы, задания и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лекционных и лабораторных занятий.

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

#### 4 Оценочные и методические материалы

##### 4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, а также подготовки и представлении реферата.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список лабораторных работ и вопросов) и итоговой аттестации (экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельная подготовка реферата. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент представляет свою работу, отвечает вопросы аудитории.

Оценка успеваемости осуществляется по результатам: самостоятельного выполнения работы на выбранную тему, устного опроса по результатам выполнения лабораторных заданий и защиты реферата, ответа на зачете. Защита работы проводится в виде представления результатов (средствами MS Office) и их обсуждения.

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 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.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| №<br>п/п | Контролируемые<br>разделы (темы)<br>дисциплины           | Код<br>контролируемо<br>й компетенции<br>(или ее части)                                                                           | Наименование оценочного<br>средства |                             |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|          |                                                          |                                                                                                                                   | Текущий<br>контроль                 | Промежуточная<br>аттестация |
| 1        | Обобщение понятия пространства                           | ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8),<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1),<br>ИПК-1.11 (D/04.7<br>Тд.5), ИПК-5.1 (H/01.6<br>Зн.5), ИПК-5.4 (H/01.6<br>У.1)   | <i>ПР, ЗР, ВнК</i>                  | <i>ВЭ(1-2)</i>              |
| 2        | Топологические пространства.                             | ИПК-1.3 (D/01.6 У.1),<br>ИПК-1.11 (D/04.7<br>Тд.5), ИПК-5.1 (H/01.6<br>Зн.5)                                                      | <i>ОР</i>                           | <i>ВЭ(3-6)</i>              |
| 3        | Операции над множествами в топологических пространствах. | ИПК-1.2 (A/01.6 Зн.1),<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1),<br>ИПК-1.11 (D/04.7<br>Тд.5), ИПК-5.1 (H/01.6<br>Зн.5), ИПК-5.12<br>(D/04.7 Тд.5) | <i>ОР</i>                           | <i>ВЭ(7-13)</i>             |
| 4        | Многообразия.                                            | ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8),<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1)                                                                                    | <i>ОР</i>                           | <i>ВЭ(14-15)</i>            |
| 5        | Дифференцируемые формы на многообразиях.                 | ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8),<br>ИПК-1.2 (A/01.6 Зн.1),<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1),<br>ИПК-1.4 (A/01.6 У.1),<br>ИПК-5.4 (H/01.6 У.1)        | <i>ОР, ПП(ЗР)</i>                   | <i>ВЭ(16-18)</i>            |

| №<br>п/п | Контролируемые<br>разделы (темы)<br>дисциплины | Код<br>контролируемо<br>й компетенции<br>(или ее части)                                               | Наименование оценочного<br>средства |                             |
|----------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|          |                                                |                                                                                                       | Текущий<br>контроль                 | Промежуточная<br>аттестация |
| 6        | Внешние формы                                  | ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8),<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1),<br>ИПК-1.4 (A/01.6 У.1),<br>ИПК-1.11 (D/04.7<br>Тд.5) | ОР                                  | ВЭ(19-20)                   |

### Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

| Код и<br>наименование<br>компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Соответствие уровней освоения компетенции планируемым<br>результатам обучения и критериям их оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | пороговый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | базовый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | продвинутый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | оценка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Удовлетворительно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Хорошо                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Отлично                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>ПК-1</b> Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи<br>фундаментальной и прикладной математики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ИПК-1.1 (D/29.7 Зн.8)<br>Современный отече-<br>ственный и зару-<br>бежный опыт в<br>решении актуальных<br>и значимых задач<br>фундаментальной и<br>прикладной матема-<br>тики<br>ИПК-1.2 (A/01.6 Зн.1)<br>Методы и приемы<br>формализации задач<br>фундаментальной и<br>прикладной матема-<br>тики<br>ИПК-1.3 (D/01.6 У.1)<br>Проводить анализ<br>исполнения требова-<br>ний при решении<br>задач фундамен-<br>тальной и прикладной<br>математики<br>ИПК-1.4 (A/01.6 У.1)<br>Использовать методы<br>и приемы<br>формализации<br>актуальных и<br>значимых задач<br>фундаментальной и<br>прикладной<br>математики<br>ИПК-1.11 (D/04.7<br>Тд.5) Ответы на<br>вопросы<br>предложения<br>участников<br>аналитической<br>группы проекта при<br>решении задач<br>фундаментальной и<br>прикладной | <b>Знать:</b> основные<br>понятия топологии;<br>значение<br>топологических<br>методов в<br>прикладной<br>математике<br><b>Уметь:</b> применять<br>методы топологии к<br>исследованию<br>математической<br>модели;<br><b>Владеть:</b> навыками<br>оценки области<br>применимости<br>выбранного метода;<br><i>Обучающийся</i><br><i>показывает</i> не<br>достаточный уровень<br>знаний учебного и<br>лекционного материала,<br>не в полном объеме<br>владеет практическими<br>навыками<br>В ответе не всегда<br>присутствует логика,<br>аргументы при-<br>влекаются<br>недостаточно веские.<br>Знает назначение<br>прикладных пакетов, не<br>использует их. | <b>Знать:</b> принципы<br>выбора методов и<br>средств построения<br>математической<br>модели; способы<br>использования методов<br>топологии для<br>решения научных<br>задач;<br><b>Уметь:</b> обоснованно<br>выбрать метод для<br>решения конкретной<br>математической<br>задачи; оценить<br>адекватность<br>построенной модели;<br><b>Владеть:</b> языком<br>предметной области;<br>навыками анализа,<br>сопоставления и<br>обобщения результатов<br>исследований в<br>предметной области;<br><i>Обучающийся показывает</i><br>достаточный уровень<br>профессиональных зна-<br>ний, но допускает неко-<br>торые неточности и погрешности. Ответ постро-<br>ен достаточно логично,<br>грамотно используются<br>физические термины, но<br>в ответе присутствуют<br>незначительные ошибки.<br>Вопросы, задаваемые | <b>Знать:</b> основные<br>информационные<br>ресурсы для получения<br>новых знаний;<br>способы и средства<br>получения,<br>переработки и<br>представления инфор-<br>мации с помощью ин-<br>формационно-<br>коммуникационных<br>технологий.<br><b>Уметь:</b> применять<br>топологические<br>методы к решению<br>задач; организовывать<br>процессы поиска<br>информации на основе<br>ИТ-технологий.<br><b>Владеть:</b> навыками<br>использования<br>современных<br>программных средств<br>и пакетов прикладных<br>программ;<br>навыками работы с<br>различными электрон-<br>ными источниками ин-<br>формации<br><i>Обучающийся показывает</i><br>систематизированные,<br>глубокие и полные<br>знания по всем разделам<br>дисциплины, а также по |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | пороговый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | базовый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | продвинутый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | оценка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Удовлетворительно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Хорошо                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Отлично                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| математики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | преподавателем, не вызывают существенных затруднений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы, безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ПК-5 Способен составлять и публично представлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ИПК-5.1 (Н/01.6 Зн.5)<br>Психолого-педагогические основы и методика применения технических средств обучения, информационно-коммуникационных технологий, электронных образовательных и информационных ресурсов, дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, если их использование возможно для освоения учебного курса, дисциплины (модуля), способы представления научных обзоров, рефератов и отчетов по тематике проводимых исследований, а также правила написания научной публикации<br>ИПК-5.4 (Н/01.6 У.1)<br>Выполнять деятельность и (или) демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися, и (или) выполнять задания, предусмотренные программой учебного курса, дисциплины (модуля), составлять и публично представлять научные обзоры, рефераты и | <i>Знать:</i> некоторые способы использования методов топологии для решения научных задач; некоторые информационные ресурсы для получения новых знаний; способы и средства получения, переработки и представления информации с помощью информационно-коммуникационных технологий.<br><i>Уметь:</i> применять топологические методы к решению задач<br><i>Владеть:</i> навыками использования современных программных средств и пакетов прикладных программ; навыками представления результатов.<br><br><i>Студент</i> показывает не достаточный уровень знаний учебного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при | <i>Знать:</i> способы использования методов топологии для решения научных задач; основные информационные ресурсы для получения новых знаний; способы и средства получения, переработки и представления информации с помощью информационно-коммуникационных технологий.<br><i>Уметь:</i> применять топологические методы к решению задач; излагать ход решения; обосновывать выбор метода.<br><i>Владеть:</i> навыками анализа, сопоставления результатов; навыками использования современных программных средств и пакетов прикладных программ; навыками представления результатов.<br><br><i>Студент</i> показывает достаточный уровень профессиональных знаний, владеет практическими навыками, но | <i>Знать:</i> принципы выбора методов и средств решения поставленной задачи; способы использования методов топологии для решения научных задач; основные информационные ресурсы для получения новых знаний; способы и средства получения, переработки и представления информации с помощью информационно-коммуникационных технологий.<br><i>Уметь:</i> уверенно применять топологические методы к решению задач; аргументировано излагать ход решения; обосновывать выбор метода.<br><i>Владеть:</i> навыками анализа, сопоставления и обобщения результатов; навыками использования современных программных средств и пакетов прикладных программ; навыками доказательного представления результатов.<br><i>Студент</i> показывает |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                        | Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                       | пороговый                                                                                                                                                                                                                           | базовый                                                                                                                                                                                                                                   | продвинутый                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                       | оценка                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                       | Удовлетворительно                                                                                                                                                                                                                   | Хорошо                                                                                                                                                                                                                                    | Отлично                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию ИПК-5.12 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта, представление соответствующих обзоров и документов | анализе модели естественнонаучных процессов. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские, показывает недостаточно глубокие знания. Вопросы, задаваемые преподавателем, вызывают затруднения. | допускает некоторые неточности и погрешности. Ответ построен достаточно логично, грамотно используются термины, но в ответе присутствуют незначительные ошибки. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений. | высокий уровень теоретических знаний по дисциплине, свободно владеет практическими навыками, умеет увязывать знания, полученные при изучении различных дисциплин. Ответ, построен логично, материал излагается четко, ясно, аргументировано. На вопросы отвечает уверенно, по существу. |

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **Примерные задания на лабораторные работы**

#### **Раздел 2. Метод склеек. Склейка двумерных поверхностей**

##### **Примеры заданий:**

- 1) Построение Листа Мебиуса.
- 2) Построение Ручки.
- 3) Построение тора.
- 4) Построение цилиндра.

#### **Раздел 3. Римановы поверхности и алгебраические функции.**

##### **Примеры заданий:**

- 1) Найти геометрическую интерпретацию на римановой поверхности алгебраической функции  $x^2 + b(y)x + c(y) = 0$
- 2) Построить риманову поверхность для функции  $e^{nx} - x$ ,  $n$  – целое число.

#### **Раздел 6. Построение внешних форм**

При проведении лабораторных работ используются математические пакеты Maple и Matlab.

### **Примерные темы рефератов**

1. Метод «склейки» построения геометрических ориентированных и неориентированных поверхностей.
2. Примеры топологических пространств геометрического описания.
3. Многообразия матриц.
4. Тензорное описание динамики сплошной среды.
5. Свойства и операции над ними.

### **Экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/)**

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен**

1. Метрические пространства. Окрестности в метрических пространствах.
2. Типы отображений пространств.
3. Топологические пространства. Примеры.
4. Аксиомы топологических пространств.
5. Хаусдорфовы, нормальные и регулярные топологические пространства.
6. Компактные множества в топологических пространствах.
7. Непрерывные отображения топологических пространств.
8. Связные множества в топологических пространствах.
9. Поверхности и эквивалентность поверхностей как объектов топологического пространства.
10. Замыкания и понятие предельных точек в топологическом пространстве.
11. Теоремы Урысона.
12. Разбиение единицы.
13. Карты и атласы отображений. Стандартный куб.
14. Многообразия.
15. Геометрическое представление многообразий.
16. Дифференцируемые объекты на многообразиях.
17. Тензорное исчисление, виды тензоров.
18. Главные оси некоторых тензоров.
19. Альтернирование тензоров и связь тензоров с внешними формами.
20. Пространства внешних форм.

#### **Примеры задач**

1. Привести пример топологического (возможно, метрического) пространства и множества  $A$  в нём такого, что  $A$  является собственным подмножеством внутренней своей границы.
2. Придумать топологию на  $\mathbb{R}$ , в которой объединение любых открытых множеств замкнуто
3. Доказать, что пространство, не удовлетворяющее аксиоме отделимости Хаусдорфа, не является метризуемым.

#### **Перечень компетенций (части компетенции), проверяемых оценочным средством**

ПК-1, ПК-5.

#### **4.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенции студента при изучении дисциплины или ее части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков при решении практических задач. Экзамены проводятся по расписанию, сформированному учебным отделом и утвержденному проректором по учебной работе, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание экзаменов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. Экзамены принимаются преподавателями, ведущими лекционные занятия. В отдельных случаях при большом количестве групп у одного лектора или при большой численности группы с разрешения заведующего кафедрой допускается привлечение в помощь основному лектору преподавателя, проводившего практические занятия в группах.

Экзамены проводятся в устной форме. Экзамен проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине. Студентам на экзамене предоставляется право выбрать один из билетов. Время подготовки к ответу составляет 60 минут. По истечении установленного времени студент должен ответить на вопросы экзаменационного билета и предоставить решение задач. Результаты экзамена оцениваются по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку. В зачетную книжку заносятся только положительные оценки.

##### **Критерии выставления оценок**

Оценка *«отлично»*:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка *«хорошо»*:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, средний уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка *«удовлетворительно»*:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка *«неудовлетворительно»*:

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа;
- знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

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

### **5.1 Основная литература:**

1. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Блочные элементы для тел различной формы. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2013. 63 с.
2. Кузовлев В.П. Курс геометрии: элементы топологии, дифференциальная геометрия, основания геометрии / В.П. Кузовлев, Н.Г. Подаева. М.: Физматлит, 2012. 208 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59618>.
3. Хатчер А. Алгебраическая топология М.: Изд-во МЦНМО, 2011. 688 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. М.: Лань, 2010.
2. Александров, П.С. Мемуар о компактных **топологических** пространствах / П.С. Александров, П.С. Урысон. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 147 с.
3. Жиров А. Ю. Топологическая сопряженность псевдоаносовских гомеоморфизмов. М.: Изд-во МЦНМО, 2013. 366 с.

4. Матвеев С.В. Алгоритмическая топология и классификация трехмерных многообразий. М.: МЦНМО, 2007. 454 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63262>.

5. Мищенко., А.С.. Курс дифференциальной геометрии и топологии / А.С. Мищенко, А.Т. Фоменко. СПб.: Лань, 2016. 502 с.

6. Скопенков А.Б. Алгебраическая топология с геометрической точки зрения. Москва: МЦНМО, 2016. 270 с. (электронный ресурс, режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71854>).

7. Шабат Б.В. Введение в комплексный анализ. Ч. 1,2. М.: Наука, 1985.

8. Макдафф Д. Введение в симплектическую топологию / Д. Макдафф, Д. Саламон. М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2012. 555 с.

1.

### **5.3. Периодические издания:**

1. Доклады АН РФ. ISSN 0869-5652.

2. Доклады АН высшей школы России. ISSN 1727-2769

3. Математическое моделирование. ISSN 0234-0879.

### **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

#### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)

5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

#### **Профессиональные базы данных:**

1. Scopus <http://www.scopus.com/>

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

3. Springer Materials <http://materials.springer.com/>

4. zbMath <https://zbmath.org/>

#### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Мир математических уравнений EqWorld. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

2. Физика, химия, математика. <http://www.ph4s.ru/index.html>

3. Journal of Mathematical Physics. Online ISSN 1089-7658. <http://jmp.aip.org>

4. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>

2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>

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

#### **Перечень информационных технологий**

1. Проверка индивидуальных заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Использование электронных презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий.
3. Использование математических пакетов при выполнении индивидуальных заданий.

## **Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.
4. Математический пакет Matlab.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал и лабораторных занятий, на которых студенты применяют полученные теоретические знания к решению конкретных задач. Уровень усвоения теоретического материала проверяется посредством опроса по основным вопросам темы и результатам выполнения индивидуальных и групповых лабораторных заданий.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Перечень разделов для самостоятельного изучения приведен в разделе 2.5.

### **Перечень вопросов для самоподготовки**

1. Метрические пространства, шары, открытые множества, объединения, пересечения. Окрестности в метрических пространствах
2. Топологические пространства. Замкнутые множества, объединения, пересечения, разности. Примеры.
3. Определение топологии на вещественных проективных пространствах.
4. Внутренность множества. Внутренние точки.
5. Замыкание, граница. Точки прикосновения, изолированные и предельные точки.
6. Подпространства. Открытость и замкнутость в пространстве и подпространстве
7. Типы отображений пространств. Непрерывные отображения. Непрерывность в точке.
8. Аксиомы топологических пространств.
9. Непрерывность композиции и сужения, замена области значений.
10. Фундаментальные покрытия.
11. Непрерывность и произведение: проекции, теорема о покоординатной непрерывности.
12. Пример функции на плоскости, непрерывной по каждой координате, но разрывной.
13. Арифметические операции. Сумма, произведение, частное непрерывных функций.
14. Гомеоморфизм. Примеры. Гомеоморфные интервалы на прямой.
15. Хаусдорфовы, нормальные и регулярные топологические пространства.
16. Компактные множества в топологических пространствах.
17. Связные множества в топологических пространствах.
18. Компоненты линейной связности. Локально линейно связные пространства
19. Поверхности и эквивалентность поверхностей как объектов топологического пространства.
20. Замыкания и понятие предельных точек в топологическом пространстве.
21. Лемма Урысона. Теорема о продолжении непрерывных функций
22. Индуктивное определение топологической размерности. Теорема Урысона об эквивалентности
23. Разбиение единицы.
24. Карты и атласы отображений. Стандартный куб.
25. Многообразия. Примеры. Склеивание поверхностей из многоугольников.
26. Геометрическое представление многообразий.

27. Дифференцируемые объекты на многообразиях.
28. Тензорное исчисление, виды тензоров.
29. Главные оси некоторых тензоров.
30. Альтернирование тензоров и связь тензоров с внешними формами.
31. Пространства внешних форм.

Поиск информации для ответов на вопросы для самостоятельной работы и выполнения заданий в некоторых случаях предполагает не только изучение основной учебной литературы, но и привлечение дополнительной литературы, а также использование ресурсов сети Интернет.

В рамках самостоятельной работы студент готовит реферативную работу, объемом не менее 10 страниц. Каждый студент выполняет работу по одной теме.

Для написания реферата необходимо подобрать литературу. Общее количество литературных источников, включая тексты из Интернета, (публикации в журналах), должно составлять не менее 10 наименований. Учебники, как правило, в литературные источники не входят.

Рефераты выполняют на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют, рисунки снабжают подрисовочными надписями. Текст следует печатать шрифтом № 14 с интервалом между строками в 1,5 интервала, без недопустимых сокращений. В конце реферата должны быть сделаны выводы.

В конце работы приводят список использованных источников.

Реферат должен быть подписан магистрантом с указанием даты ее оформления.

Работы, выполненные без соблюдения перечисленных требований, возвращаются на доработку.

Выполненная магистрантом работа определяется на проверку преподавателю в установленные сроки. Если у преподавателя есть замечания, работа возвращается и после исправлений либо вновь отправляется на проверку, если исправления существенные, либо предъявляется на экзамене, где происходит ее защита.

Примерные темы рефератов представлены в п. 4.1.

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.

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

| №  | Вид работ            | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность                                                                                                                                                                            |
|----|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия   | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), соответствующим программным обеспечением, а также необходимой мебелью (доска, столы, стулья).<br>(аудитории: 129, 131, 133, А305, А307). |
| 2. | Лабораторные занятия | Компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с лицензионным программным обеспечением, необходимой мебелью (доска, столы, стулья).<br>(аудитории: 101, 102, 106, 106а, 105/1, 107(2), 107(3), 107(5), А301).                         |
| 3. | Групповые            | Аудитория для семинарских занятий, групповых и                                                                                                                                                                                           |

| №  | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | (индивидуальные) консультации              | индивидуальных консультаций, укомплектованные необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131).                                                                                                                                                                                                        |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория для семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья) (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307, 147, 148, 149, 150, 100С, А301б, А512), компьютерами с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет (106, 106а, А301) |
| 5. | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения, обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (Аудитория 102а, читальный зал).  |

Примечание: Конкретизация аудиторий и их оснащение определяется ОПОП.