

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования «Кабардино-Балкарский государственный университет**  
**им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**  
**КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы  М.Р. Яхутлова  
« 02 » 09 2022г.

  
**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор института  
 А.Х. Шапсигов  
« 02 » 09 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»**

**01.03.02 - Прикладная математика и информатика**  
(код и наименование направления подготовки)

**«Проектирование систем искусственного интеллекта»**  
(наименование профиля подготовки)

**Бакалавр**

Квалификация (степень) выпускника

**Очная**

Форма обучения

**Нальчик – 2022**

Рабочая программа дисциплины «Метод конечных элементов» /сост. М.М. Ошхунов – Нальчик: КБГУ, 2022. – 33 с.

Рабочая программа предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Проектирование систем искусственного интеллекта» в 7 семестре 4 курса.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 – «Прикладная математика и информатика», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018г. № 9 (зарегистрировано в Минюсте России 06 февраля 2018г. № 49937).

## Содержание

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Цели и задачи освоения дисциплины .....                                                                                                    | 4  |
| 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО .....                                                                                                 | 4  |
| 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины .....                                                                              | 4  |
| 4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....                                                                                            | 5  |
| 5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и<br>промежуточной аттестации .....                                     | 7  |
| 6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений,<br>навыков и (или) опыта деятельности.....                       | 16 |
| 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....                                                                                           | 18 |
| 7.1. Нормативно-законодательные акты .....                                                                                                    | 18 |
| 7.2. Основная литература.....                                                                                                                 | 19 |
| 7.3. Дополнительная литература.....                                                                                                           | 20 |
| 7.4. Периодические издания.....                                                                                                               | 20 |
| 7.5. Интернет-ресурсы.....                                                                                                                    | 20 |
| 7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому<br>проектированию и другим видам самостоятельной работы ..... | 23 |
| 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....                                                                                        | 29 |
| 9. Лист изменений (дополнений) .....                                                                                                          | 33 |

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины (модуля):

- получение навыков применения конечно элементного подхода к решению дифференциальных уравнений механики сплошной среды в заданной области с определенными граничными условиями;
- ознакомление с базовыми понятиями теории математического моделирования, со способами постановки физических задач;
- разработки численных алгоритмов для их решения на компьютере с помощью пакетов прикладных программ, реализующих метод конечных элементов, а также для программной реализации на языках Си и Фортран.

Задачи освоения дисциплины: изучение математических основ метода конечных элементов - триангуляции расчетной области, конструирования базисных функций, алгоритмам решения

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Метод конечных элементов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Проектирование систем искусственного интеллекта».

## 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОПОП ВО по данному направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата):

*общепрофессиональных (ОПК):*

| Коды  | Содержание компетенций                                                                            |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-5 | Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения |

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** теоретические знания о понятиях и задачах, связанных с аппроксимацией функциональных пространств Соболева.

**Уметь:** понимать и применять на практике компьютерные технологии для решения различных задач линейной алгебры и уравнений задач математической физики

**Владеть:** навыками самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач математической физики методом конечных элементов.

#### 4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

**Таблица 1. Содержание дисциплины «Метод конечных элементов», перечень оценочных средств и контролируемых компетенций**

| № п/п | Наименование раздела/темы                                                                                                                 | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                   | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                    | 4                                             | 5                                                                                                        |
| 1     | Основные понятия метода конечных элементов.                                                                                               | Основные вариационные принципы и методы минимизации функционалов для задач теории упругости методом Ритца.                                                                                                                           | ОПК-5                                         | Домашнее задание (ДЗ), Контрольная работа (КР), Коллоквиум (К), Тестирование (Т), Рубежный контроль (РК) |
| 2     | Основные методы дискретизации сплошной среды на конечные элементы.                                                                        | Треугольный и тетраэдральный конечные элементы. Функция формы для треугольного конечного элемента. Алгоритмы автоматической дискретизации сплошной среды на конечные элементы. Оптимизация нумерации узлов сетки конечных элементов. | ОПК-5                                         | ДЗ, КР, К, Т, РК                                                                                         |
| 3     | Приложение метода конечных элементов для решения двумерных задач.                                                                         | Задачи о стационарных полях (теплопроводность, электрический потенциал, течение жидкости).                                                                                                                                           | ОПК-5                                         | ДЗ, КР, К, Т, РК                                                                                         |
| 4     | Техника метода конечных элементов от вариационной постановки до решения больших систем линейных алгебраических уравнений ленточного типа. | Примеры решения задач теории упругости с подробным изложением основных этапов оптимизации функционала методом Ритца.                                                                                                                 | ОПК-5                                         | ДЗ, КР, К, Т, РК                                                                                         |

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

**Таблица 2. Структура дисциплины «Метод конечных элементов»**

| Вид работы                                                                              | Трудоемкость часов / зачетных единиц |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
|                                                                                         | 7 семестр                            | Всего                  |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                                                     | <b>108</b>                           | <b>108</b>             |
| <b>Контактная работа (в часах)</b>                                                      | <b>56</b>                            | <b>56</b>              |
| <i>Лекционные занятия (Л)</i>                                                           | 28                                   | 28                     |
| <i>Практические занятия (ПЗ)</i>                                                        | 28                                   | 28                     |
| <i>Семинарские занятия (СЗ)</i>                                                         | -                                    | -                      |
| <i>Лабораторные работы (ЛР)</i>                                                         | -                                    | -                      |
| <b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа (внеаудиторная):</b> | <b>43</b>                            | <b>43</b>              |
| Расчетно-графическое задание                                                            | -                                    | -                      |
| Реферат (Р)                                                                             | -                                    | -                      |
| Эссе (Э)                                                                                | -                                    | -                      |
| Контрольная работа (КР)                                                                 | -                                    | -                      |
| Самостоятельное изучение разделов                                                       | 43                                   | 43                     |
| Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)                                              | -                                    | -                      |
| Подготовка и прохождение промежуточной аттестации                                       | 9                                    | 9                      |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>                                                     | <b>зачет с оценкой</b>               | <b>зачет с оценкой</b> |

**Таблица 3. Лекционные занятия**

| № п/п | Тема                                                                                                                                      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Основные понятия метода конечных элементов.                                                                                               |
| 2.    | Основные методы дискретизации сплошной среды на конечные элементы.                                                                        |
| 3.    | Приложение метода конечных элементов для решения двумерных задач.                                                                         |
| 4.    | Техника метода конечных элементов от вариационной постановки до решения больших систем линейных алгебраических уравнений ленточного типа. |

**Таблица 4. Практические занятия**

| № п/п | Тема             |
|-------|------------------|
| 1.    | Не предусмотрены |

**Таблица 5. Лабораторные работы**

| № п/п | Тема                                                   |
|-------|--------------------------------------------------------|
| 1.    | Основные понятия метода конечных элементов.            |
| 2.    | Элементы вариационного исчисления.                     |
| 3.    | Формула Эйлера - Лагранжа для оптимизации функционала. |

|       |                                                                                                                                                                                            |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.    | Основные методы дискретизации сплошной среды на конечные элементы.                                                                                                                         |
| 5.    | Программы автоматической дискретизации двумерной и пространственной области на конечные элементы.                                                                                          |
| 6-8   | Приложение метода конечных элементов для решения двумерных задач (задачи теории поля, теплопроводности, переноса влаги, ламинарное течение жидкости в трубе с переменным сечением и т.д.). |
| 9-11  | Техника метода конечных элементов от вариационной постановки до решения больших систем линейных алгебраических уравнений ленточного типа.                                                  |
| 12-13 | Особенности нумерации сетки конечных элементов приводящее к оптимизации систем линейных алгебраических уравнений.                                                                          |
| 14    | Экономичные методы решения больших систем линейных алгебраических уравнений в методе Рунге.                                                                                                |

**Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплин**

| № п/п | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение                                                                   |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Экономичные методы решения больших систем линейных алгебраических уравнений в методе Рунге.                      |
| 2.    | Особенности нумерации сетки конечных элементов приводящее к оптимизации систем линейных алгебраических уравнений |

## **5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Конечными результатами освоения программы дисциплины «Метод конечных элементов» являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида знаний и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются *текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.*

*Контрольные мероприятия по дисциплине* проводятся в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся КБГУ. Оценка успеваемости обучающихся осуществляется в ходе текущего и рубежного контроля, а также промежуточной аттестации.

### **5.1. Оценочные материалы для текущего контроля**

*Цель текущего контроля* – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

*Текущий контроль* успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Неклассические уравнения математической физики» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практических занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности и качества выполнения задания.

### ***5.1.1. Вопросы по темам дисциплины «Метод конечных элементов» (контролируемая компетенция ОПК-5)***

#### *Тема 1.*

1. Основные вариационные принципы для задач теории упругости.
2. Метод Рунге для оптимизации функционалов.
3. Основные вариационные принципы теории упругости.
4. Методы минимизации функционалов.

#### *Тема 2.*

1. Треугольный и тетраэдральный конечные элементы.
2. Функция формы для треугольного конечного элемента.
3. Алгоритмы автоматической дискретизации сплошной среды на конечные элементы.
4. Оптимизация нумерации узлов сетки конечных элементов.
5. Тетраэдральный конечный элемент для решения пространственных задач.

#### *Тема 3.*

1. Задачи о стационарных полях теплопроводности.
2. Задачи о стационарных полях электрического потенциала.
3. Задачи о стационарных полях течения жидкости.
4. Динамические задачи теплопроводности.

#### *Тема 4.*

1. Примеры решения задач теории упругости с подробным изложением основных этапов оптимизации функционала методом Рунге.
2. Алгоритмы нумерации узлов, снижающие количество нулей матрицы жесткости.
3. Алгоритмы разбиения области на треугольные элементы.
4. Сгущение сетки конечных элементов в зонах с сильным градиентом решения.

### ***Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса***

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Решение задач математической физики методом конечных элементов».



Развёрнутый ответ обучающегося должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

| Количество баллов | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                 | Обучающийся<br>- полно излагает изученный материал, знает все формулы, применяемые методы и их точность;<br>- понимает материал, может обосновать свои суждения, применить знания при решении практических задач и лабораторных заданий для самостоятельного выполнения;<br>- излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка. |
| 4                 | Обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для «5» баллов, но допускает несущественные ошибки, которые сам же исправляет, и некоторые недочёты в последовательности и оформлении излагаемого материала.                                                                                                                                       |
| 3                 | Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по данной теме, но:<br>- излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий, знаний методов, их точности;<br>- не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и применять методы;<br>- излагает материал непоследовательно, допускает ошибки.               |
| 2                 | Обучающийся обнаруживает неполное незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.                                                                                                                                                                                                    |
| 1                 | Обучающийся обнаруживает незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает существенные ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.                                                                                                                                                                                                |
| 0                 | Обучающийся обнаруживает незнание большей части раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.                                                                                                                                                                                                               |

### **5.1.2. Оценочные материалы для самостоятельной работы обучающегося (типовые задачи) (контролируемая компетенция ОПК-5)**

Перечень типовых задач для самостоятельной работы сформирован в соответствии с тематикой практических занятий по дисциплине «Метод конечных элементов».

Изучить самостоятельно:

1. Применение метода конечных элементов для линейных задач механики деформируемого твердого тела.
2. Применение метода конечных элементов в механике жидкости.
3. Применение метода конечных элементов в геомеханике.
4. Применение метода конечных элементов в аэромеханике.

5. Применение метода конечных элементов в биомеханике.
6. Вариационные принципы для задач теории упругости в двумерном и трехмерном случаях.
7. Метод Ритца для оптимизации функционалов общего вида.
8. Вариационные принципы теории упругости: уравнение Коши-Ляме как уравнение типа Эйлера для функционалов теории упругости.
9. Общие методы минимизации функционалов: метод локальных вариаций, метод градиентного спуска и др.
10. Треугольный конечный элемент в двумерных задачах.
11. Функция формы для треугольного конечного элемента.
12. Тетраэдральный конечный в трехмерных задачах.
13. Функция формы для тетраэдрального конечного элемента.
14. Алгоритмы автоматической дискретизации сплошной среды на конечные элементы.
15. Оптимизация нумерации узлов сетки конечных элементов.
16. Задачи о стационарных полях теплопроводности.
17. Задачи о стационарных полях электрического потенциала.
18. Задачи о стационарных полях течения жидкости.
19. Динамические задачи теплопроводности.
20. Примеры решения задач теории упругости с подробным изложением основных этапов оптимизации функционала методом Ритца.

### ***Методические рекомендации по решению задач***

Приступая к решению задач, необходимо внимательно изучить теоретический материал по темам, разобрать приводимые в теоретическом материале каждой темы примеры. При выполнении заданий используются формулы и методы, представленные по каждой теме.

Цель заданий – сформировать навык решения практических прикладных задач, навык оценки точности полученного решения и анализа поведения ошибок, что является необходимым при применении численных методов.

### ***Критерии формирования оценок по заданиям для самостоятельной работы обучающегося (типовые задачи)***

Самостоятельная работа оценивается степенью освоения вопросов для самостоятельного изучения и индивидуальным выполнением заданий к практическим занятиям.

В результате знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

| Количество баллов | Критерии оценивания                                                                                                                                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                 | Обучающийся показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, свободно использует необходимые формулы при решении задач.                   |
| 4                 | Обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач;                                                            |
| 3                 | Обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности при решении задач.                                   |
| 2                 | Обучающийся имеет неполное знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает неточности при решении задач.                           |
| 1                 | Обучающийся обнаруживает значительное незнание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает существенные неточности при решении задач. |
| 0                 | Обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.                                                                                            |

## 5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля

Рубежный контроль проводится с целью определения качества освоения учебного материала в целом. Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам курса и проводится по окончании изучения материала в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится в виде коллоквиумов (или самостоятельных, контрольных) на практических занятиях и типовых тестовых заданий.

В течение семестра проводится *три таких контрольных мероприятий по графику*.

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течении учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества.

На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

### 5.2.1. Оценочные материалы для коллоквиумов (контрольных работ) (контролируемая компетенция ОПК-5)

Полный перечень тестов находится на сайте:

<http://open.kbsu.ru/moodle/question/edit.php?courseid=3846>

1. Интеграл  $S = \int_1^2 \cos x dx$ , вычисленный методом трапеции при разбиении на  $n = 1$

элемент, равен:

-:  $(\cos 1 + \cos 2)$

-:  $(\cos 1 - \cos 2)/2$

$$+: (\cos 1 + \cos 2) / 2$$

$$-: (\cos 1 + 2 \cos 2) / 2$$

2. Интеграл  $S = \int_0^1 e^{x^2} dx$  вычисленный методом средних прямоугольников, при разбиении на  $n = 2$  элемент равен:

$$-: (\exp(0) + \exp(3/4)) / 2$$

$$-: (\exp(1/6) + \exp(0)) / 2$$

$$+: (\exp(1/16) + \exp(9/16)) / 2$$

$$-: (\exp(0) + \exp(9/16)) / 2$$

3. Полуширина ленточной матрицы жесткости, если максимальная разность двух соседних узлов  $k=20$ , составляет:

$$-: 40$$

$$-: 50$$

$$-: 51$$

$$+: 42$$

4. Полуширина ленточной матрицы жесткости, если максимальная разность двух соседних узлов  $k=10$ , составляет:

$$-: 41$$

$$-: 40$$

$$-: 51$$

$$+: 22$$

5. Число операций для решения СЛАУ итерационным методом, если  $m=10$ ,  $n=50$  составляет

$$+: 25000$$

$$-: 2500$$

$$-: 500$$

$$-: 60$$

6. Число операций для решения СЛАУ итерационным методом, если  $m=10$ ,  $n=70$  составляет

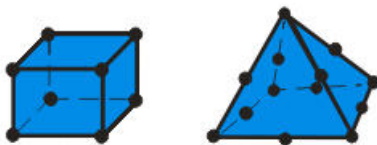
$$+: 49000$$

$$-: 490$$

$$-: 90$$

$$-: m \cdot n$$

7. Чему равно минимальное возможное число узлов для объемного элемента?



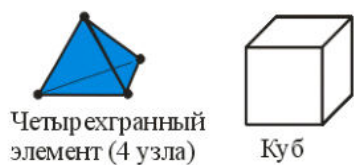
$$- 2$$

$$- 8$$

$$- 30$$

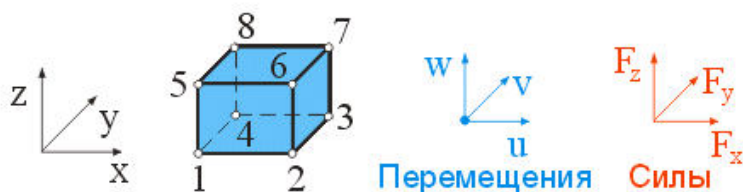
$$+ 4$$

8. Какое минимальное число четырехгранных элементов могут сформировать куб?



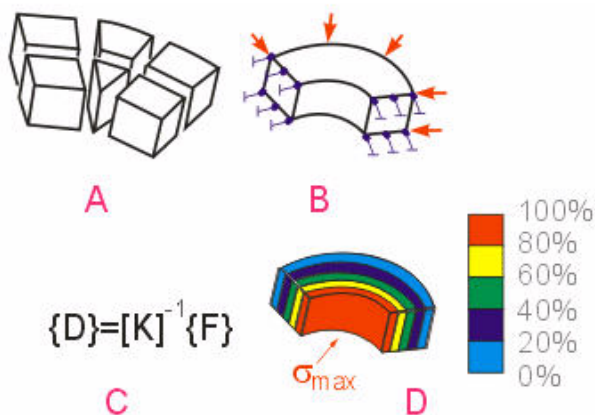
- + 5
- 8
- 6
- 4

9. Какова размерность матрицы жесткости 8-узлового объемного элемента?



- + 3x3
- 24x24
- 8x8
- 30x30

10. Что более важно для правильного анализа по методу конечных элементов?



- Иметь хорошую программу для автоматического разделения сеткой.
- + Знать, как установить граничные условия по нагрузкам и перемещениям.
- Иметь быструю программу для математического решения задачи.
- Иметь хороший постпроцессор (программу для визуализации результатов).

### Текущий и рубежный контроль

| Семестр | Шкала оценивания                                           |                                                                                     |                                                    |                                                                                   |
|---------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|         | 0-35 баллов                                                | 36-50 баллов                                                                        | 51-60 баллов                                       | 56-70 баллов                                                                      |
| 7       | Частичное посещение аудиторных занятий.<br>Неудовлетворите | Полное или частичное посещение аудиторных занятий.<br>Частичное выполнение и защита | Полное или частичное посещение аудиторных занятий. | Полное посещение аудиторных занятий.<br>Полное выполнение и защита лабораторных и |

|  |                                                                                                                                                             |                                                                                                                        |                                                                                                                                       |                                                                                                |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | льное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации | лабораторных и практических работ. Выполнение контрольных работ, ответы на коллоквиуме на оценки «удовлетворительно» . | Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Выполнение контрольных работ, ответы на коллоквиуме на оценки «хорошо». | практических занятий. Выполнение контрольных работ, ответы на коллоквиуме на оценки «отлично». |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|

***Оценочные материалы для промежуточной аттестации  
(контролируемая компетенция ОПК-5)***

*Целью промежуточной аттестации* по дисциплине «Метод конечных элементов» является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. реализации для текущего контроля наиболее подходящих оценочных средств.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Метод конечных элементов» в форме проведения зачета, которым заканчивается изучение дисциплины. Он может проводиться в устной и письменной форме. Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Метод конечных элементов».

Для допуска к зачету, обучающемуся необходимо иметь не менее 36 баллов.

***Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Метод конечных элементов»  
(контролируемая компетенция ОПК-5)***

1. МКЭ. История создания. Области применения. Понятие конечного элемента.
2. Четыре этапа алгоритма работы МКЭ: выделение конечного элемента (КЭ), построение аппроксимирующей функции элемента, объединение КЭ в ансамбль, нахождение узловых значений функции
3. Выделение КЭ: разбиение области на КЭ, нумерация узлов КЭ, информация о способе разбиения области на КЭ
4. Типы КЭ: одномерные, двумерные, трехмерные. Виды аппроксимирующей функции: линейные, квадратичные, кубические и др.
5. Представление аппроксимирующей функции в виде скалярного произведения вектора функций формы и вектора узловых значений функции.
6. Функции формы КЭ и их свойства

7. Применение метода минимизации функционала и метода Галеркина при нахождении вектора узловых значений функции
8. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Гипотеза Фурье.
9. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
10. Применение МКЭ для нахождения стационарного и нестационарного температурных полей одномерного стержня. Вид функционала для минимизации в стационарном и нестационарном случае
11. Применение МКЭ для нахождения напряженно-деформированного состояния стержня при кручении. Вид функционала для минимизации
12. Двумерное уравнение Лапласа в задачах электростатики. Граничные условия Дирихле и Неймана.
13. Применение МКЭ при решении задачи о распределении электрического потенциала в пространстве между проводниками коаксиальной линии передач
14. Двумерное уравнение Пуассона в задачах магнитостатики. Граничные условия Дирихле и Неймана.
15. Применение МКЭ при решении задачи о распределении скалярного магнитного потенциала
16. Препроцессор, процессор, постпроцессор и их функции. Способы организации программного обеспечения для МКЭ. Особенности построения многодисциплинарных программ.
17. Современный рынок программных продуктов на основе МКЭ
18. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений.
19. Численные методы вычисления определенных интегралов.
20. Численные методы решения систем линейных дифференциальных уравнений
21. Плоские стационарные задачи теплопроводности в линейной и нелинейной постановках.
22. Источники поля, граничные условия и вычисляемые физические величины в задачах температурного поля системы ELCUT
23. Задачи теории упругости в постановках плоских напряжений, плоских деформаций и осесимметричного напряженного состояния с изотропными или ортотропными свойствами материалов.

**Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации**

| Семестр | Шкала оценивания<br>(по итогам текущего и рубежного контроля)                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                               |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | Неудовлетворит.<br>(36-60 баллов)                                                                                                                                                                                                                          | Удовлетворит.<br>(61-80 баллов)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Хорошо<br>(81-90 баллов)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Отлично<br>(91-100 баллов)                                                                                                                                    |
| 7       | Обучающийся имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.<br>Обучающийся имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос | Обучающийся имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.<br>Обучающийся имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса.<br>Обучающийся имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос | Обучающийся имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.<br>Обучающийся имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй.<br>Обучающийся имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене) дал полный ответ только на один вопрос. | Обучающийся имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. |

задач.

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Учебная работа по дисциплине «Метод конечных элементов» состоит из контактной работы (лекции, лабораторные занятия) и самостоятельной работы.

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая обучающимся по дисциплине, включает две составляющие:

– *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества



выполнения обучающимся учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость обучающегося по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– *вторая составляющая* – оценка знаний обучающегося по результатам промежуточной аттестации (не более 30 –баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Метод конечных элементов» в 7 семестре является зачет с оценкой.

Общий балл текущего и рубежного контроля складывается из следующих составляющих:

***Распределение баллов текущего и рубежного контроля***

| № п/п                    | Вид контроля                                               | Сумма баллов         |             |             |             |
|--------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
|                          |                                                            | Общая сумма в баллах | 1-я точка   | 2-я точка   | 3-я точка   |
| 1.                       | Посещение занятий                                          | 10                   | 3           | 3           | 4           |
| 2.                       | Текущий контроль:                                          | до 30                | до 10       | до 10       | до 10       |
|                          | Выполнение самостоятельных заданий (решение задач)         | 0 -15                | 0 – 5       | 0 -5        | 0 - 5       |
| 3.                       | Рубежный контроль                                          | до 30                | до 10       | до 10       | до 10       |
|                          | <i>тестирование</i>                                        | 0- 12                | 0- 4        | 0- 4.       | 0- 4.       |
|                          | <i>коллоквиум</i>                                          | 0 - 18               | 0 - 6       | 0 -6        | 0 - 6       |
|                          | Итого сумма текущего и рубежного контроля                  | до 70                | до 23       | до 23       | до 24       |
| <b>В случае экзамена</b> |                                                            |                      |             |             |             |
|                          | Первый этап (базовый уровень) – оценка «удовлетворительно» | не менее 36 б.       | не менее 12 | не менее 12 | не менее 12 |
|                          | Второй этап (продвинутый уровень) – оценка «хорошо»        | менее 70 (51-69 )    | менее 23    | менее 23    | менее 24    |
|                          | Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»           | не менее 70          | не менее 23 | не менее 23 | не менее 24 |

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенций ОПК-3 представлены в таблице 7.

***Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке***

| Результаты обучения (компетенции) | Индикаторы достижения компетенции | Освоенные показатели оценки результатов обучения | Виды оценочного материала, обеспечивающий формирование компетенций |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-5.</b> Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения | <b>ОПК-5.1.</b> Применяет алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления                                                                                                 | <b>ОПК-5.1. 3-1.</b> Знает теоретические основы цифровых технологий, основы моделирования объектов профессиональной деятельности, основы анализа данных и представления информации<br><b>ОПК-5.1. У-1.</b> Умеет решать задачи профессиональной деятельности с использованием существующих методов моделирования, анализа данных, представления информации<br><b>ПК-5.1. В-1.</b> Владеет навыками использования основы системного подхода, критерии эффективной организации вычислительного процесса для постановки и решения задач организации оптимального функционирования вычислительных систем | Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1);<br>типовые оценочные материалы для контрольной работы (п. 5.1.2);<br>типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.2.2.) |
|                                                                                                                 | <b>ОПК-5.2.</b> Имеет практический опыт разработки и использования алгоритмов и программ, современных информационных технологий, методов и средств контроля, диагностики и управления, пригодные в сфере своей профессиональной деятельности | <b>ОПК-5.2. 3-1.</b> Знает основы программирования, современные объектно-ориентированные языки программирования, современные структурные языки программирования.<br><b>ОПК-5.2. У-1.</b> Умеет разрабатывать структуру баз данных ИС в соответствии с архитектурной спецификацией<br><b>ОПК-5.2. В-1.</b> Владеет навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1. Нормативно-законодательные акты

1. Приказ Минобрнауки России от 06.04.2021 № 245 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным

- программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт по образовательным программам ВО (ФГОС 3++) по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата). Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018г. №9 (Зарегистрировано в министерстве юстиции Российской Федерации 06 февраля 2018г. № 49937);
  3. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/)
  4. Программа «Цифровая экономика», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р.
  5. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. №203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы».

#### ***7.2. Основная литература***

1. Жилкин В.А. Введение в метод конечного элемента: Учебное пособие / В. А. Жилкин. - СПб.: Проспект Науки, 2014. - 288 с.
2. Голованов А.П., Тюленева О.Н., Шигабутдинов А.Ф. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций. 2006 год. 392 стр.
3. Русанов О.А. Применение метода конечных элементов в расчетах конструкций автомобильной техники, 2006.
4. Демидович Б.П., Шувалова Э.З., Марон И.А. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. Санкт-Петербург: Лань, 2008, 400с.
5. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 2008, 480с.
6. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. Москва: Издание Московского университета, 2010, 168с.
7. ЭБС «Консультант студента» Учебники, учебные пособия, по всем областям знаний для ВО и СПО, а также монографии и научная периодика/ <http://www.studmedlib.ru,> ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №122СЛ/09-2019 от 17.09.2018г.
8. ЭБС «АйПиЭрбукс» 107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудио изданий/ <http://iprbookshop.ru>, ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов). Лицензионный договор №3514/18.

### ***7.3. Дополнительная литература***

1. Стренг Г. Теория метода конечных элементов. - М.: МИР, 1977.
2. Михлин С.Г. Вариационные методы решения задач теории упругости. – М.: Наука, 1970.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Издательство «Мир», 1975.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Издательство «Мир», 1979.
5. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л., Методы граничных элементов –М.: Издательство «Мир», 1987.
6. Лейбензон Л.С. Вариационные методы решения задач теории упругости ГТТИ, Л., 1943.
7. Новацкий В. Вопросы термоупругости. Из-во АН СССР, М., 1962.
8. Рашиков В.И., Рошаль А.С. Численные методы решения физических задач. Санкт-Петербург: Лань, 2005, 208с.

### ***7.4. Периодические издания***

1. Журнал вычислительной математики и математической физики (ЖВМ и МФ)
2. Вестник СОГУ. Серия «Естественные науки», Владикавказ.
3. Известия КБНЦ РАН. Нальчик.

### ***7.5. Интернет-ресурсы***

1. <http://www.EXPonenta.ru>
2. <http://iem.phys.dcn-asu.ru/stud/VM/vmii.html>
3. <http://Math.ru>
4. <http://electrolibrary.narod.ru>
5. <http://lib.mexmat.ru>
6. <http://math-portal.ru>
7. <http://uchites.ru>
8. <http://softlab-portable.ru>
9. <http://intuit.ru>
10. <http://eduScan.net>
11. <http://ph4s.ru>

При проведении занятий лекционного типа практических (семинарских) занятий используются сведения об электронных информационных ресурсах, к которым обеспечен доступ для пользователей библиотеки КБГУ.

**Перечень актуальных электронных информационных баз данных,  
к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ  
(2022-2023 уч. год)**

| №<br>п/п | Наименование<br>электронного<br>ресурса                                                            | Краткая<br>характеристика                                                                                                                                                                                                                              | Адрес сайта                                                                                                                              | Наименование<br>организации-<br>владельца;<br>реквизиты<br>договора                                                              | Условия<br>доступа                                                                                          |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | <b>Научная<br/>электронная<br/>библиотека (НЭБ<br/>РФФИ)</b>                                       | Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>                                                                                      | ООО «НЭБ»                                                                                                                        | Полный доступ                                                                                               |
| 2.       | <b>База данных<br/>Science Index<br/>(РИНЦ)</b>                                                    | Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.                                                              | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>                                                                                      | ООО «НЭБ»<br>Лицензионный договор<br>Science Index<br>№SIO-741/2022<br>от 19.07.2022<br>Активен до<br>31.07.2023г.               | Авторизованный доступ.<br>Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ |
| 3.       | <b>ЭБС<br/>«Консультант<br/>студента»</b>                                                          | 13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.                                                                                                  | <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a><br><a href="http://www.medcollegelib.ru">http://www.medcollegelib.ru</a> | ООО<br>«Консультант студента»<br>(г. Москва)<br><b>Договор<br/>№750КС/07-2022</b><br>От 26.09.2022<br>Активен до<br>30.09.2023г. | Полный доступ<br>(регистрация по IP-адресам КБГУ)                                                           |
| 4.       | <b>«Электронная<br/>библиотека<br/>технического<br/>вуза» (ЭБС<br/>«Консультант<br/>студента»)</b> | Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на английском языке) »                                                                                                                                                                  | <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>                                                                          | ООО<br>«Политехресурс»<br>(г. Москва)<br><b>Договор<br/>№701КС/02-2022</b><br>от 13.04.2022<br>Активен до                        | Полный доступ<br>(регистрация по IP-адресам КБГУ)                                                           |

|    |                                                            |                                                                                                                                                                                                  |                                                                           |                                                                                                                             |                                                       |
|----|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|    |                                                            |                                                                                                                                                                                                  |                                                                           | 19.04.2023г.                                                                                                                |                                                       |
| 5. | <b>ЭБС «Лань»</b>                                          | Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний. | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               | ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург)<br><b>Договор №6ЕП/223</b><br>от 15.02.2022<br>Активен до 28.02.2023г.                  | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)        |
| 6. | <b>Национальная электронная библиотека РГБ</b>             | Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний                     | <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>                               | ФГБУ «Российская государственная библиотека»<br><b>Договор №101/НЭБ/166</b><br>6-п от 10.09.2020г.<br>Сроком на 5 лет       | Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ |
| 7. | <b>ЭБС «IPRbooks»</b>                                      | 107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудио изданий.                                                                  | <a href="http://iprbookshop.ru/">http://iprbookshop.ru/</a>               | ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов)<br><b>Договор №9200/22П</b><br>от 08.04.2022<br>Активен до 02.04.2023г.                   | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)        |
| 8. | <b>ЭБС «Юрайт» для СПО</b>                                 | Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.                                             | <a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a> | ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва)<br><b>Договор №192/ЕП-223</b><br>От 29.10.2021<br>Активен до 31.10.2022 г. | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)        |
| 9. | <b>Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье</b> | Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям                                                                                                            | <a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>                       | ООО «Полпред справочники»<br>Безвозмездно (без официального договора)                                                       | Доступ по IP-адресам КБГУ                             |

|     |                                                  |                                                                                                                 |                                                       |                                                                                                                          |                                                      |
|-----|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 10. | <b>Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина</b> | Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву | <a href="http://www.prlib.ru">http://www.prlib.ru</a> | ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург)<br><b>Соглашение от 15.11.2016г.</b><br>Бессрочный | Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115, 214) |
|-----|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|

#### ***7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы***

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной учебной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий, занести в свою рабочую тетрадь темы и сроки проведения семинаров, написания учебных и творческих работ. При изучении дисциплины, обучающиеся выполняют следующие задания: изучают рекомендованную учебную и научную литературу; тщательно изучают философские источники, готовят сообщения к семинарским занятиям; выполняют самостоятельные научно-исследовательские работы. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

Курс изучается на лекциях, семинарских занятиях, при самостоятельной и индивидуальной работе студента. Обучающийся для полного освоения материала должен не пропускать занятия и активно участвовать в учебном процессе. Лекции включают все темы и основные вопросы изучаемой дисциплины. Для максимальной эффективности изучения необходимо постоянно вести конспект лекций, знать рекомендуемую преподавателем литературу, позволяющую дополнить знания и лучше подготовиться к семинарским занятиям.

В соответствии с учебным планом на каждую тему выделено необходимое количество часов семинарских занятий, которые проводятся в соответствии с вопросами, рекомендованными к изучению по определенным темам. Студенты должны регулярно готовиться к семинарским занятиям и участвовать в обсуждении вопросов. При подготовке к занятиям следует руководствоваться конспектом лекций и рекомендованными источниками, и литературой. Тематический план дисциплины, учебно-методические материалы, а также список рекомендованных источников и литературы приведены в рабочей программе.

***Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции***

В процессе лекционных занятий целесообразно конспектировать учебный материал. Для этого используются общие и утвердившиеся в практике правила, и приемы конспектирования лекций:

Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля, на которых делаются пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Целесообразно записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Для выделения разделов, выводов, определений, основных идей можно использовать цветные карандаши и фломастеры.

Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. В конспекте дословно записываются определения понятий, категорий и законов. Остальное должно быть записано своими словами.

Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий.

#### ***Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям***

Семинарские занятия – составная часть учебного процесса, групповая форма занятий при активном участии студентов. Семинарские занятия способствуют углубленному изучению наиболее сложных проблем науки и служат основной формой подведения итогов самостоятельной работы обучающихся.

Целью семинарских является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.

В ходе подготовки к семинарскому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, выполнить выданные преподавателем практические задания. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы.

Желательно при подготовке к семинарским по дисциплине одновременно использовать несколько источников, раскрывающих заданные вопросы.

На семинарских занятиях обучающиеся учатся грамотно излагать проблемы, свободно высказывать свои мысли и суждения, рассматривают ситуации, способствующие развитию профессиональной компетентности. Следует иметь в виду, что



подготовка к практическому занятию зависит от формы, места проведения семинара, конкретных заданий и поручений. Это может быть написание доклада, эссе, реферата (с последующим их обсуждением), коллоквиум

### ***Методические рекомендации по организации самостоятельной работы***

Самостоятельная работа обучающихся - способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процесса преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих студенту в удобное для него время осваивать учебный материал;
- широкое внедрение компьютеризированного тестирования;
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;
- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций:

- развивающую;
- информационно-обучающую;
- ориентирующую и стимулирующую;
- воспитывающую;
- исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

1. Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
2. Выполнение рефератов;
3. Работа с тестами и вопросами для самопроверки;

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

Необходимо отметить, что некоторые задания для самостоятельной работы по курсу имеют определенную специфику. При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать имеющийся в учебно-методическом комплексе краткий конспект лекций. Он может использоваться и для закрепления, полученного в аудитории материала. Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. Задания предложены по каждой изучаемой теме и могут готовиться индивидуально или в группе. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю. Выполнение заданий контролируется и оценивается преподавателем.

Для успешного самостоятельного изучения материала сегодня используются различные средства обучения, среди которых особое место занимают информационные технологии разного уровня и направленности: электронные учебники и курсы лекций, базы тестовых заданий и задач и пр.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания.

Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории. Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений. Самое доступное и простое средство самоконтроля с применением информационно-коммуникационных технологий - это ряд тестов «on-line», которые позволяют в режиме реального времени определить свой уровень владения предметным материалом, выявить свои ошибки и получить рекомендации по самосовершенствованию.

#### ***Методические рекомендации по работе с литературой***

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из

них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

*Предварительное* чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

*Сквозное чтение* предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

*Выборочное* – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

*Аналитическое чтение* – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

1. Чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название; автор; источник; основная идея текста; фактический материал; анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам; новизна.
2. Прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм:
  - медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного;
  - выделить ключевые слова в тексте;
  - постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.
3. Прием тезирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

К этому можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку

относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Подготовка к экзамену должна проводиться на основе лекционного материала, материала семинарских занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

### ***Методические рекомендации для подготовки к зачету***

Зачет в 7 семестре является формой итогового контроля знаний и умений, обучающихся по данной дисциплине, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К зачету допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего и промежуточного контроля. На зачете студент может набрать от 15 до 30 баллов.

В период подготовки к зачету обучающиеся вновь обращаются к учебно-методическому материалу и закрепляют промежуточные знания.

Подготовка обучающегося к зачету включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы зачета.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу. Подготовка к зачету должна проводиться на основе лекционного материала, материала практических занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

На зачет выносятся материалы в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Зачет проводится в письменной / устной форме.

При проведении письменного зачета на работу отводится 60 минут.

Результат устного (письменного) зачета выражается формой аттестации «зачтено» или «не зачтено»:

**«Зачтено» – от 61 до 70 баллов** – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения

оценено числом баллов, близким к максимальному. На зачете студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

**«Не зачтено» – от 36 до 60 баллов** – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На зачете студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **8.1. Требования к материально-техническому обеспечению**

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

**зарубежное лицензионное программное обеспечение:**

| <b>№</b> | <b>Производитель</b> | <b>Наименование</b>                                                         | <b>Лицензии</b> | <b>№ договора на 2020 год</b> | <b>№ договора на 2021 год</b> |
|----------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1.       | MSAcademicEES        | Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr A Faculty EES          | лицензия        | ДОГОВОР №20/ЭА-223            | ДОГОВОР №10/ЭА-223            |
| 2.       | MSAcademicEES        | Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES | лицензия        | ДОГОВОР №20/ЭА-223            | ДОГОВОР №10/ЭА-223            |
| 3.       | MSAcademicEES        | Core CALClient Access License ALNG LicSAPk MVL DvcCAL A Faculty EES         | лицензия        | ДОГОВОР №20/ЭА-223            | ДОГОВОР №10/ЭА-223            |

| №   | Производитель      | Наименование                                                                                                                          | Лицензии | № договора на 2020 год | № договора на 2021 год |
|-----|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|------------------------|
| 4.  | MSAcademicEES      | WINEDUperDVC<br>ALNG UpgrdSAPk<br>MVL A Faculty EES<br>(Корпоративная подписка на продукты Windows операционная система и офис)       | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР №10/ЭА-223     |
| 5.  | StatSoft           | Statistica Ultimate Academic for Windows 13 Russian/13 English на 500 пользователей<br>Локальная версия (Named User) Годовая лицензия | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 6.  | Mathlab/Simulink   | ТАН-25                                                                                                                                | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР №80/ЕЛ-223     |
| 7.  | Embarcadero        | RAD Studio Architect<br><b>Concurrent</b><br>AcademicEdition 1 Year Term License                                                      | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 8.  | AdobeCreativeCloud | Adobe Creative Cloud for Teams – All Apps.<br>Лицензии Education Device license для образовательных организаций                       | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 9.  | Sketchup           | SketchUp Pro 2020 - License for Education -- LAB for 1 year.                                                                          | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 10. | PTC                | Mathcad Education - University Edition<br>Subscription (50 pack)                                                                      | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 11. | Corel              | CorelDRAW Graphics Suite                                                                                                              | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 12. | ABBYY              | ABBYY FineReader                                                                                                                      | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |

*Зарубежное программное обеспечение (свободно распространяемое)*

| №  | Производитель          | Наименование          | Лицензии  |
|----|------------------------|-----------------------|-----------|
| 1. |                        | Web Browser - Firefox | Бесплатно |
| 2. |                        | AtomEditor            | Бесплатно |
| 3. |                        | Python                | Бесплатно |
| 4. | IBM                    | Eclipse               | Бесплатно |
| 5. | Фирма Sun Microsystems | Apache OpenOffice     | Бесплатно |

***Российское лицензионное программное обеспечение:***

| №  | Производитель | Наименование                                                                                                             | Лицензии | № договора на 2020 год | № договора на 2021 год |
|----|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|------------------------|
| 1. | Kaspersky     | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal License | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |
| 2. | DrWeb         | Dr.Web Desktop Security Suite Комплексная защита + Центр управления на 12 мес., 200 ПК, продление                        | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | -                      |
| 3. |               | Антиплагиат ВУЗ                                                                                                          | лицензия | ДОГОВОР №20/ЭА-223     | ДОГОВОР № 15/ЭА-223    |

***Российское программное обеспечение (свободно распространяемое)***

| №  | Производитель                          | Наименование     | Комментарии                                          | Сроки лицензии |
|----|----------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|----------------|
| 1. | StarForce Technologies, Россия, Москва | Foxit PDF Reader | для просмотра электронных документов в стандарте PDF | Бесплатно      |
| 2. | Россия                                 | 7zip             | архиватор                                            | Бесплатно      |

***8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья***

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невизуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для обучающихся с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;
- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий обучающемуся необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию обучающегося экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.



### 9. Лист изменений (дополнений)

в рабочей программе дисциплины «Метод конечных элементов» по направлению подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика профиль «Проектирование систем искусственного интеллекта» на 2022-2023 учебный год.

| №<br>п/п | Элемент (пункт) РПД | Перечень вносимых<br>изменений (дополнений) | Примечание |
|----------|---------------------|---------------------------------------------|------------|
| 1.       |                     |                                             |            |
| 2.       |                     |                                             |            |
| 3.       |                     |                                             |            |

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры

Прикладной математики и информатики

Протокол № 2 от «02» сентября 2022г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Р. Бечелова