

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кемеровский государственный университет
Институт фундаментальных наук

«УТВЕРЖДАЮ» Директор института



Гудов А.М.

2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.6.2 Метод конечных элементов

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки
Исследование операций и системный анализ

Уровень бакалавриата

Форма обучения
очная

Кемерово 2017

СОДЕЖАНИЕ

1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2.	Место дисциплины в структуре программы бакалавриата	3
3.	Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	3
3.1.	Объём дисциплины (модуля) по видам учебных занятий (в часах)	4
4.	Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 4	
4.1.	Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	4
4.2.	Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) 5	
5.	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	6
6.	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	6
6.1.	Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)	6
6.2.	Типовые контрольные задания или иные материалы	7
6.3.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций	13
7.	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	14
8.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)	15
9.	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) 15	
10.	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)	17
11.	Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).....	17
12.	Иные сведения и материалы.....	18
12.1.	Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	18

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине (модулю):

Коды компетенций	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2	способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	Знать современный математический аппарат, связанный с методом конечных элементов; Уметь понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, связанный с методом конечных элементов

2. Место дисциплины в структуре программы бакалавриата

Дисциплина (модуль) «Метод конечных элементов» относится к вариативной части и является дисциплиной по выбору.

Для изучения и освоения дисциплины нужны знания основ программирования с использованием алгоритмических языков Си или Фортран, предполагается, что студенты знакомы с основами методов вычисления в рамках курса «Численные методы»; уравнениями математической физики в рамках курсов «Уравнения математической физики» и «Концепции современного естествознания», которые читаются на факультете перед изучением данной дисциплины.

Знания, навыки и умения, приобретенные в результате прохождения курса, могут использоваться в исследованиях, в научной работе, при выполнении итоговой квалификационной работы, а также позволяют студентам понять, для какого круга задач применимы методы математического моделирования в целом, и методы конечных элементов в частности.

Целью освоения дисциплины “Метод конечных элементов” является знакомство с широким классом методов, в основе которых лежит метод взвешенных невязок, а также применение метода конечных элементов для решения уравнений математической физики на вычислительных машинах.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы (з.е.), 108 академических часов.

3.1. Объём дисциплины (модуля) по видам учебных занятий (в часах)

Объём дисциплины	Всего часов
	для очной формы обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	36
Аудиторная работа (всего):	36
в том числе:	
лекции	18
Практические работы	18
в т.ч. в интерактивной форме	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	72
Вид промежуточной аттестации обучающегося	
	<i>зачет</i>

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоёмкость (часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
			аудиторные учебные занятия	самостоятельная работа обучающихся		
	всего	лекции	лабораторные занятия	самостоятельная работа обучающихся		
1.	Методы взвешенных невязок	18	4	4	10	Проверка лабораторной работы, проверка контрольной работы
2.	Метод конечных элементов	58	8	10	40	Проверка лабораторной работы
3.	Конечно-элементные аппроксимации высшего порядка	20	4	2	14	Проверка лабораторной работы
4.	Отображение и численное	12	2	2	8	Проверка лабораторной

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоёмкость (часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости	
			аудиторные учебные занятия		самостояте- льная работа обучающих- ся		
			всего	лекци- и и	лаборатор- ные занятия		
	интегрирование					работы	
	Всего:	108	18	18	72		

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Содержание лекционных занятий

	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Методы взвешенных невязок	Аппроксимация базисными функциями, аппроксимации с помощью взвешенных невязок, аппроксимации решения дифференциальных уравнений и использование базисных функций, виды взвешенных невязок, выполнение краевых условий с помощью базисных функций, одновременная аппроксимация решений дифференциальных уравнений и краевых условий
2.	Метод конечных элементов	Понятие конечного элемента, локально определенные базисные функции, слабая формулировка и метод Галеркина, одномерные задачи, процедура ансамблирования, обобщение конечно-элементных алгоритмов на двумерные и трехмерные задачи. Естественные и главные краевые условия. Метод конечных элементов в двумерном случае. Задача Дирихле для уравнений Лапласа. Слабое решение. Построение приближенного решения методом конечных элементов. Интерполяция кусочно-линейными функциями. Барицентрические координаты.
3.	Конечно-элементные аппроксимации высшего порядка	Степени многочленов, входящих в базисные функции, и скорость сходимости, стандартные базисные функции высших степеней для одномерных элементов с гладкостью C^0 ; двумерные базисные функции высших степеней для прямоугольных конечных элементов, двумерные базисные функции для треугольников, трехмерные базисные функции. Изопараметрические элементы.
4.	Отображение и численное интегрирование	Понятие отображения, численное интегрирование, построение сетки, поиск производных функции

Содержание лабораторных занятий

	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Методы взвешенных невязок	Реализация решения одномерного дифференциального уравнения методами взвешенных невязок с применением пакетов символьной математики (Maple, Maxima): метод коллокаций, метод наименьших квадратов, метод коллокаций с числом точек коллокаций $M > N$, где N – количество базисных функций, метод моментов, метод Галеркина
2.	Метод конечных элементов	Реализация метода конечных элементов в одномерных и двумерных задачах. Слабое и сильное решения. Финитные и базисные функции. Естественные и главные краевые условия. Задача Дирихле для уравнений Лапласа. Слабое решение. Построение приближенного решения методом конечных элементов. Интерполяция кусочно-линейными функциями. Решение уравнения теплопроводности МКЭ с понижением порядка производной в уравнении (представление уравнения в виде системы дифференциальных уравнений низшего порядка). Вычисление производных.
3.	Конечно-элементные аппроксимации высшего порядка	Функции с непрерывностью первого порядка для треугольных элементов, квадратичная и кубическая функции. Функции с непрерывностью первого порядка для прямоугольных элементов. Некоторые интерполяционные функции для трехмерного случая.
4.	Отображение численное интегрирование	Понятие отображения. Применение квадратурных формул Гаусса (Хаммера) для численного интегрирования по одномерному и треугольному конечным элементам.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Разработанные составителем курса презентации в формате MS PowerPoint и PDF для сопровождения лекционного материала и практических работ.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п/ п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка – по	наименование оценочного средства

		желанию	
1.	Методы взвешенных невязок	ПК-2	Лабораторная работа, контрольное задание, сообщение
2.	Метод конечных элементов	ПК-2	Лабораторная работа, семестровое задание, сообщение
3.	Конечно-элементные аппроксимации высшего порядка	ПК-2	Лабораторная работа, контрольное задание, сообщение
4.	Отображение и численное интегрирование	ПК-2	Лабораторная работа, контрольное задание, сообщение

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Семестровая работа

Ниже приведены требования к выполнению семестровых работ и примерные их варианты.

Требования

Семестровая работа направлена на стимулирование самостоятельной работы обучающегося при решении уравнения Пуассона для заданной функции двух переменных методом конечных элементов в различных расчетных областях. При реализации алгоритмов семестрового задания для анализа точности методов необходимо для каждого из них проводить исследование по следующей схеме:

1. написать постановку задачи - определить для заданной функции правую часть уравнения Пуассона и граничные условия на границах расчетной области;
2. определить варьируемые параметры метода;
3. привести программную реализацию на языке Си или Фортран поставленной задачи методом конечных элементов;
4. провести исследование точности метода конечных элементов при решении поставленной задачи в зависимости от типа граничных условий и различных расчетных сеток.

Студент сдает программную реализацию МКЭ для поставленной задачи (решение уравнения Пуассона). Семестровые задания даются каждому студенту индивидуально.

Примерные варианты семестровых заданий

Создание программной реализации, проведение исследования точности метода. Ниже приведены примеры функций, являющихся точным решением уравнения Пуассона в квадратной области с заданными граничными условиями, рекомендуемых для решения в рамках выполнения семестрового задания.

1. $u = xy^2, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1..$
2. $u = x^2 + y^2, -1 \leq x \leq 1, -1 \leq y \leq 1.$
3. $u = 2xy^2 - 4x, -5 \leq x \leq 3, 4 \leq y \leq 6.$
4. $u = \text{Sinx} + y^2, -\pi \leq x \leq \pi, 0 \leq y \leq 1.$

6.2.2. Лабораторная работа

- а) типовые задания (лабораторной работы) – образец:

1. В пакете символьной математики (Maxima, Maple) реализовать решение дифференциального уравнения методом коллокаций:

$$L(u) - p = \frac{d^2u}{dx^2} + u + x = 0, 0 < x < 1, u(0) = 0, u(1) = 0.$$

В качестве точек коллокаций выбрать $x=0.25$ и $x=0.5$. Оценить погрешность (абсолютную и относительную) в точках $1/5$, $\frac{1}{2}$ и $4/5$. Провести аналогичную оценку погрешностей при выборе следующих вариантов точек коллокаций:

А. $x=1/3$ и $x=2/3$

Б. $x=0.25$, $x=0.5$ и $x=0.75$ (три базисных функции).

2. В пакете символьной математики (Maxima, Maple) реализовать решение дифференциального уравнения методом наименьших квадратов:

$$L(u) - p = \frac{d^2u}{dx^2} + u + x = 0, 0 < x < 1, u(0) = 0, u(1) = 0.$$

Оценить погрешность (абсолютную и относительную) в точках $1/5$, $\frac{1}{2}$ и $4/5$. Сравнить с результатами, полученными методом коллокаций.

3. В пакете символьной математики (Maxima, Maple) реализовать решение дифференциального уравнения гибридным методом (методом наименьших квадратов и методом коллокаций, при которых число точек коллокаций превышает число искомых неизвестных):

$$L(u) - p = \frac{d^2u}{dx^2} + u + x = 0, 0 < x < 1, u(0) = 0, u(1) = 0.$$

Оценить погрешность (абсолютную и относительную) в точках $1/5$, $\frac{1}{2}$ и $4/5$. Сравнить с результатами, полученными методом коллокаций и методом наименьших квадратов.

4. В пакете символьной математики (Maxima, Maple) реализовать решение дифференциального уравнения методом моментов:

$$L(u) - p = \frac{d^2u}{dx^2} + u + x = 0, 0 < x < 1, u(0) = 0, u(1) = 0.$$

Оценить погрешность (абсолютную и относительную) в точках $1/5$, $\frac{1}{2}$ и $4/5$. Сравнить с результатами, полученными методом коллокаций, гибридным и МНК.

5. В пакете символьной математики (Maxima, Maple) реализовать решение дифференциального уравнения методом Галеркина:

$$L(u) - p = \frac{d^2u}{dx^2} + u + x = 0, 0 < x < 1, u(0) = 0, u(1) = 0.$$

Оценить погрешность (абсолютную и относительную) в точках $1/5$, $\frac{1}{2}$ и $4/5$. Сравнить с результатами, полученными всеми предыдущими методами. Отобразить графически на одном графике все полученные решения.

6. Аппроксимация базисными функциями: интерполяция, синус-ряды Фурье. Аппроксимация с помощью взвешенных невязок: поточечная коллокация, коллокация по подобластям, метод Галеркина, МНК.

7. Используя подходящую систему базисных функций в виде многочленов, аппроксимировать функцию $\varphi = 1 + \sin(\pi x/2)$, $0 \leq x \leq 1$. Применить метод

поточечной коллокации и метод Галеркина. Численно исследовать сходимость последовательных аппроксимаций к заданной функции.

8. Для распределения температуры в одномерном стационарном случае эксперимент дал следующие значения в различных точках отрезка:

X	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
T	20	30	50	65	40	30

Построить гладкую кривую для этого набора данных, используя метод Галеркина и подходящую систему базисных функций.

9. Найти решение дифференциального уравнения $\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \varphi, 0 \leq x \leq 1, \varphi(0) = 0, \varphi(1) = 1.$

Реализовать решение с помощью метода Галеркина. Выбрать базисные функции таким образом, чтобы они равнялись нулю на границе (не соответствовали граничным условиям). Выполнение граничных условий обеспечить выбором функции ψ , участвующей в разложении искомого решения.

Реализовать аналогичный алгоритм для двумерного случая: $\Delta\varphi = -2, -3 \leq x \leq 3, -2 \leq y \leq 2.$ Искомая функция равна нулю на границе прямоугольника.

10. Решить указанные в п.9 задачи с помощью аппроксимации дифференциальных уравнений и краевых условий.

11. Найти решение дифференциального уравнения $\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \varphi, 0 \leq x \leq 1, \varphi(0) = 0, \frac{d\varphi}{dx} = 20, x = 1.$ Найти решение в слабой формулировке с помощью метода Галеркина. Выбрать базисные функции таким образом, чтобы они выполняли граничное условие Дирихле, а функция $\psi = 0.$

12. Реализовать метод конечных элементов для одномерного уравнения $\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \varphi, 0 \leq x \leq 1, \varphi(0) = 0, \varphi(1) = 1..$

13. Реализовать метод конечных элементов для одномерного уравнения $\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \varphi, 0 \leq x \leq 1, \varphi(0) = 0, \frac{d\varphi}{dx} = 1, x = 1..$

14. Реализовать методом конечных элементов решение одномерного уравнения теплопроводности путем разделения его на систему уравнений меньшего порядка.

Уравнение $k \frac{d^2\varphi}{dx^2} + Q = 0, 0 \leq x \leq 1.$ заменить на систему уравнений $k \frac{d\varphi}{dx} + q = 0, \frac{dq}{dx} - Q = 0, 0 \leq x \leq 1.$

15. Реализовать метод поиска производных в методе конечных элементов.

16. Реализовать МКЭ в двумерном случае.

17. Численное моделирование течения Пуазейля в трубе (плоский случай).

18. Численное моделирование течений в каверне, за обратным уступом.

- б) критерии оценивания компетенций (результатов):

за каждую лабораторную работу обучающийся может получить до 6 баллов согласно разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системы (БРС).

- в) описание шкалы оценивания:

приведено в разделе с описанием БРС.

6.2.3. Контрольная работа

- а) типовые задания (пример контрольной работы): создание программной реализации,

проведение исследования точности метода.

Вариант 1

Постановка задачи:

Пусть дано уравнение $\operatorname{div} \kappa \nabla u = f(x, y), (x, y) \in D$

Границные условия имеют вид: $\alpha \frac{\partial u}{\partial n} + \beta u = g(x, y), (x, y) \in \partial D$.

Записать слабую формулировку задачи.

Пусть $D = [0, a] \times [0, b], f(x, y) = \sin x \cos y, \alpha = 1, \beta = 4xy, g(x, y) = 1, \varphi(x, y) = \sin 4x \sin 3y, \kappa(x, y) = 2 + \sin xy$.

- Написать последовательность операторов для задания границ области.
- Написать последовательность операторов, строящих триангуляцию.
- Записать последовательность операторов, задающих пространство конечных элементов.
- Определить на пространстве конечных элементов необходимые для решения функции.
- Задать требуемые функции f, g, \dots
- Используя оператор `solve`, решить задачу, записанную в слабой формулировке.
- Провести вычислительный эксперимент, изменяя размеры сетки и выбирая различные конечные элементы.
- Дать интерпретацию полученным результатам.
- Результаты оформить в виде отчета (текст программы, результаты расчета, анализ результатов).

Примечание: в вариантах заданий предполагается использовать различные функции и области

Вариант 2

Постановка задачи:

Пусть дано уравнение $u_t + \operatorname{div}(-\kappa \nabla u) = f(x, y, t), (x, y) \in D$.

Границные условия имеют вид: $\alpha \frac{\partial u}{\partial n} + \beta u = g(x, y), (x, y) \in \partial D$.

Начальное условие имеет вид: $u(x, y, 0) = \varphi(x, y), (x, y) \in D$.

- Записать слабую формулировку задачи.
- Пусть $D = [0, a] \times [0, b], f(x, y, t) = e^{-t} \sin x \cos y, \alpha = 1, \beta = xy, g(x, y) = 0, \varphi(x, y) = \sin 3x \sin 4y, \kappa(x, y) = 1 + 0,1xy$.
- Написать последовательность операторов для задания границ области.
- Записать последовательность операторов, задающих пространство конечных элементов.
- Определить на пространстве конечных элементов необходимые для решения функции.
- Задать требуемые функции f, g, \dots
- Записать слабую формулировку задачи.
- Используя схему Кранка–Николсона, записать алгоритм решения задачи.
- Провести вычислительный эксперимент, изменяя размеры сетки и шаг по времени.
- Дать интерпретацию полученным результатам.
- Результаты оформить в виде отчета (текст программы, результаты расчета, анализ результатов).

Примечание: в вариантах заданий предполагается использовать различные функции и области.

- б) критерии оценивания компетенций (результатов):
за выполнение контрольной работы можно получить до 6 баллов (согласно системе оценок, разработанной в БРС по данному курсу).
- в) описание шкалы оценивания:
приведено в разделе с описанием БРС.

6.2.4. Зачет

Основные вопросы

- Методы взвешенных невязок. Основная идея, построение конкретных методов (метод коллокаций,)
- Основная концепция и преимущества метода конечных элементов.
- Слабые формулировки
- Получите уравнение теплопроводности в обобщенной криволинейной системе координат.
- Обобщенное решение краевой задачи методом Галеркина для элементного вклада
- Геометрические аспекты МКЭ, формирование геометрической части таблицы входных данных.
- Получение базисных функций для элемента из базисного каталога элементов.
- Методы нахождения базисных функций. Их свойства как критерии правильности их нахождения.
- Матричное представление элементного вклада.
- Формирование глобальных матриц из сокращенных матриц элементов.
- Найдите выражения для стандартизованных матриц элемента в различных системах координат.
- Получите расчетные формулы для средних объемной и поверхностных температур одного из элементов базового каталога по их узловым значениям.
- Решение системы динамических уравнений в рамках бессеточного МКЭ.

Дополнительные вопросы

- Сильная и слабая формулировка задачи для стационарного уравнения Пуассона в двумерном случае. Типы краевых условий. Продемонстрировать переход к слабой формулировке на примере уравнения теплопроводности.
- Сформулировать определение понятия главных и естественных краевых условий.
- Описать общую схему алгоритма решения задачи методом конечных элементов.

- Написать фрагмент кода на языке Фортран или Си, реализующий задание границы области в случае правильного шестиугольника и построение сетки.

Критерии оценивания теоретических знаний

на отметку "удовлетворительно"

1. Место и роль вычислительной гидродинамики в современной науке и в технических приложениях.
2. Основные уравнения механики сплошной среды.
3. Консервативная форма уравнений.
4. Гиперболичность уравнений Эйлера, характеристики.
5. Понятие слабого решения.
6. Метод конечных элементов в одномерных задачах.
7. Слабое и сильное решения.
8. Финитные и базисные функции.
9. Естественные и главные краевые условия.
10. Метод конечных элементов в двумерном случае.
11. Задача Дирихле для уравнений Лапласа.
 1. Задание краевых условий задачи.
 2. Метод пробных функций для уравнения Пуассона.
12. Постановка граничных условий (внедрение условий Дирихле и Неймана).

на отметку "хорошо"

1. Деление методов математического моделирования на 3 класса – сеточные методы, бессеточные методы, условно-бессеточные методы.
2. Общие характеристики каждой группы методов.
3. Алгоритмы решения на примере характерных представителей: метод конечных элементов (метод сеточной группы методов).
4. Построение приближенного решения методом конечных элементов.
5. Интерполяция кусочно-линейными функциями.
6. Барицентрические координаты.
7. Матричное представление элементного вклада.
8. Локальная и глобальная нумерация узлов на элементе.
9. Формирование глобальных матриц.
10. Стандартизация матриц элемента.
11. Поузовой и поэлементный подходы к реализации.
12. Виды интерполяционных функций ядра приближения неизвестных функций на элементе.
13. Линейные и квадратичные функции.
- 14.

на отметку "отлично"

1. Алгоритмы решения на примере характерных представителей: метод сглаженных частиц (бессеточный метод).
2. Алгоритмы решения на примере характерных представителей: метод естественных соседей (условно-бессеточный метод).
3. Классы задач для каждой группы методов.
 1. Численное интегрирование при формировании матрицы жесткости системы.
 2. Диаграмма Вороного.
 3. Ячейки Вороного первого и второго порядков.

4. Носители функции формы.
5. Расширенная триангуляция Делоне.
6. Интерполяционные функции формы Сибсона и Лапласа.
4. Алгоритм Бовье-Ботсона.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Предусмотрена рейтинговая система оценки всех видов деятельности.

Текущий контроль (ТК): посещение лекций, практических занятий, выполнение заданий на практических занятиях, выполнение домашних заданий.

Итоговый контроль (ИК): экзамен в виде итогового собеседования или компьютерного тестирования.

Максимальное число баллов по каждому виду контроля следующее: ТК – 101 балл, ИК – 20. Каждый вид деятельности оценивается следующим образом:

- Текущий контроль:
 - посещение лекционных занятий – 1 балл каждое занятие (максимально 9 баллов);
 - выполнение лабораторных работ и заданий – 6 баллов за каждую лабораторную работу (максимально 60 баллов);
 - выполнение контрольной работы – 6 баллов (максимально 6 баллов);
 - выполнение семестровой работы – до 20 баллов.
- Итоговый контроль:
 - Зачет (проверка теоретических и практических знаний студента) в виде опроса по основным темам пройденного курса и по дополнительным вопросам. По теоретической части можно получить до 20 баллов.

Рейтинговый балл успеваемости студента R^{yu} по дисциплине рассчитывается по формуле:

$$R^{yu} = \frac{R^{mek}}{b_{\max}^{mek}} a^{mek} + \frac{R^{umoz}}{b_{\max}^{umoz}} a^{umoz},$$

где R^{yu} – учебный рейтинг студента дисциплине указанного семестра;

R^{mek} – текущая оценка по дисциплине (ТК);

R^{umoz} – рубежная оценка по дисциплине (ИК);

b_{\max}^{mek} – максимальная возможная оценка в семестре за текущую деятельность (текущий контроль);

b_{\max}^{umoz} – максимальная возможная рубежная оценка (итоговый контроль);

$a^{mek} = 0,8$, $a^{umoz} = 0,2$ – коэффициенты, принятые на факультете для итогового контроля в виде экзамена.

Перевод баллов из 100-балльной шкалы в числовой и буквенный эквивалент

Рейтинговый балл	Оценка
51-100	зачтено
Менее 51	не зачтено

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине – 100 баллов. Данные баллы студент может набрать регулярно посещая занятия и активно работая на них.

В зависимости от суммарного количества набранных баллов в течении первого семестра, студенту выставляются следующие оценки: 0-50 баллов – «не зачтено»; 51-100 баллов – «зачтено».

Студенту, при сдаче теоретического материала, необходимо показать: способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления.

1. Любое контрольное задание должно быть наглядным.
2. Во время сдачи практического (контрольного) задания необходимо отвечать на теоретические вопросы полностью.
3. Теоретические вопросы каждого раздела – домашнее задание (сообщение). Защищать разобранные теоретические вопросы, при этом отвечать на вопросы.
4. Для усиления контроля посещаемости занятий, предусмотрены «штрафные баллы»:
 - пропуск лабораторного занятия вне зависимости от причины – штраф - 1 балл;
 - отработка лабораторного занятия вне зависимости от причины пропуска возможна в часы консультаций преподавателей, ведущих дисциплину до начала экзаменационной сессии.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная учебная литература:

- Фихтенгольц, Г.М. Основы математического анализа. В 2-х тт. Том 1 [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65055>
- Гавришина, О.Н. Численные методы [Текст]: учеб. пособие / О. Н. Гавришина, Ю. Н. Захаров, Л. Н. Фомина ; Кемеровский гос. ун-т. - Кемерово : [б. и.], 2011. - 237 с.
- Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 639 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70767>
- Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/54>
- Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: мультимедийный электронный учебно-методический комплекс / Кемеровский гос. ун-т, Кафедра дифференциальных уравнений ; сост. Т. В. Глухарева [и др.]. - Электрон. дан. - Кемерово: КемГУ, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). <http://edu.kemsu.ru/res/res.htm?id=14719> (дата обращения – 01.09.2016).
- Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 608 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=255
- Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 192 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76825>

б) дополнительная учебная литература:

- Коннор, Д. Метод конечных элементов в механике жидкости / Д. Коннор, К. Бреббия ; пер. с англ. Н.Б. Плисов, К.В. Рождественский ; под ред. В.А. Постнова. - Л. : Судостроение, 1979. - 264 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс].
- URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456960>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Электронная библиотека издательства “Лань”. URL: <http://e.lanbook.com>
- ЭБС “Университетская библиотека онлайн”. URL: <http://biblioclub.ru>
- Информационный портал. URL: <http://citforum.ru>
- Национальный открытый университет “ИНТУИТ”. URL: <http://www.intuit.ru>
- Научная электронная библиотека. URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Российское образование (федеральный портал). URL: www.edu.ru
- Электронная библиотека: библиотека диссертаций. URL: <http://www.diss.rsl.ru>
- Электронная библиотека. URL: <http://www.lib.mexmat.ru>
- Методические материалы кафедры вычислительной математики МФТИ. URL: www.crec.mipt.ru/study

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

9.1. Советы по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины. Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение слайд-лекции (содержит конспект лекции) в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение слайд-лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по основной, дополнительной литературе и электронным ресурсам – 1 час в неделю.

Подготовка к практическому занятию – 1 час.

Всего в неделю – 3 часа 25 минут.

9.2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»).

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции не применялся на лабораторном занятии. Тогда лекция будет гораздо понятнее. Однако легче при изучении курса следовать изложению материала на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время (1-час) для работы с основной, дополнительной литературой по курсу, а также с электронными ресурсами.

При подготовке к практическим занятиям следующего дня, необходимо сначала прочитать теорию теме домашнего задания. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи. Если это не дало результатов, и Вы сделали задачу «по образцу» аудиторной задачи, или из методического пособия, нужно после решения такой задачи обдумать ход решения и опробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

9.3. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса.

При чтении лекций рекомендуется использовать методические указания по курсу, слайд-лекции и электронное учебное пособие. При проведении практических занятий рекомендуется использовать методические указания по курсу и разработанные лабораторные работы.

9.4. Рекомендации по работе с литературой. Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются дополнительная литература. Полезно использовать несколько учебников по теме курса, однако легче освоить курс придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф?, какие новые понятия введены, каков их смысл? Приводимые выводы и умозаключения следует не заучивать, а «понять». При изучении теоретического материала всегда рекомендуется рисовать схемы или графики.

9.5. Советы по подготовке к зачету или экзамену. Дополнительно к изучению конспектов лекции необходимо пользоваться литературой по теме курса. Кроме «заучивания» материала, очень важно добиться состояния понимания изучаемых тем дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф?, какие новые понятия введены, каков их смысл?, сколько теорем в этом параграфе и каков их смысл «своими словами», будет ли верна теорема, если опустить некоторые условия в ее формулировке?. Доказательства теорем следует не заучивать, а «понять». С этой целью рекомендуется записать идею доказательства, составить план доказательства, попробовать доказать теорему самостоятельно, может быть другим способом, сравнить доказательство теоремы в конспекте и в учебнике. При изучении теоретического материала всегда нужно рисовать схемы или графики.

При подготовке к зачету нужно изучить теорию: определения всех понятий и формулировки теорем до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольку типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь графически интерпретировать метод решения.

9.6. Указания по организации работы с контрольно-измерительными материалами, по выполнению домашних заданий. При выполнении домашних заданий необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи, попытаться запрограммировать. Если это не дало результатов, и Вы сделали задачу «по образцу» аудиторной задачи, или из методического пособия, нужно после решения такой задачи

обдумать ход решения и опробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных

При реализации курса дисциплины используются активные и интерактивные формы обучения, применяется технология лекции-пресс-конференции, лекции-беседы, мозговой штурм.

1. Компьютерные классы с набором лицензионного базового программного обеспечения для проведения лабораторных занятий;
2. Лекции с применением мультимедийных материалов, мультимедийная аудитория;
3. Тестирование в системе компьютерного тестирования КемГУ;
4. ИС “Информационное обеспечение учебного процесса” (ИнфОУПро) – дистанционное взаимодействие с обучаемыми с целью управления процессом обучения и контроля полученных знаний.
5. ИС “Рейтинг студентов” – учет учебной деятельности студентов с использованием балльно-рейтингового метода оценивания.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия проходят в мультимедийной аудитории, оснащенной компьютером и проектором. Каждая лекция сопровождается презентацией, содержащей краткий теоретический материал и иллюстративный материал. Каждая презентация построена по следующему шаблону: название лекционного занятия, цель и задачи лекции, краткое содержание предыдущей лекции (при необходимости), теоретический материал (разбит на две части с учетом перемены), в конце приведены итоги лекционного занятия, обозначена тема следующей лекции, а также вопросы и задания для самостоятельного изучения.

Презентации по лекционному курсу разбиты по темам, по отдельно взятой теме может быть несколько лекций.

В процессе изучения дисциплины и осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптированные формы обучения с учётом индивидуальных психофизиологических особенностей. При определении форм проведения занятий с обучающимися-инвалидами учитываются рекомендации данные по результатам медико-социальной экспертизы, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья пользуются специальными рабочими местами, созданными с учётом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

Для лиц с нарушением зрения (слепых и слабовидящих):

- специализированное стационарное рабочее место ЭлСИС 201;
- Компьютерный класс RAMEC GALE;
- специализированное мобильное место ЭлНОТ 301;
- принтер Брайля (+ПО для трансляции текста в шрифт Брайля).

Для лиц с нарушением слуха:

- система информационная для слабослышащих стационарная «Исток» С-1И;
- Компьютерный класс RAMEC GALE;

- Платформа Intel BOXSTCK1A32WFC;
- беспроводная звукозаписывающая аппаратура коллективного пользования: радио класс (радиомикрофон) «Сонет-PCM» РМ-3.1.

Для лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата:

- компьютерный стол для лиц с нарушениями опорно-двигательной системы с электроприводом;
- клавиатура с накладной и с кнопочной мышкой с расположением кнопок сверху Аккорд;
- беспроводная мышь трекбол для ПК Logitech M570;
- клавиатура с джойстиком для выбора клавиши на цветовом поле.

12. Иные сведения и материалы

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

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано по выбору студента в следующем виде:

- совместно с другими обучающимися: студент посещает занятия на общих основаниях и непосредственно вовлекается в учебный процесс;
- дистанционно посредством телекоммуникационных технологий: студент прослушивает материал занятий в режиме реального времени, по средствам прямого телемоста (применение Skype или других аналогичных программ и технологий), не находясь непосредственно в учебной аудитории;
- в индивидуальном порядке: преподаватель занимается со студентом индивидуально контактно или посредством телекоммуникационных технологий.

Особые условия предоставляются студентам с ограниченными возможностями здоровья на основании заявления, содержащего сведения о необходимости создания соответствующих специальных условий.

В случае индивидуального обучения, по окончании изучения курса со студентом проводится индивидуальное собеседование, на котором он демонстрирует полученные знания. В случае необходимости, студенту может заранее быть выдано индивидуальное практическое задание, для самостоятельной подготовки (за месяц или за две недели).

В случае совместного обучения с другими обучающимися лицу с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для выполнения заданий и сдачи экзамена/зачёта, но не более чем на 0.5 часа, при необходимости. Студенты с ограниченными возможностями здоровья сдают экзамен/зачёт в одной аудитории совместно с иными обучающимися, если это не создает трудностей для студентов при сдаче экзамена/зачёта.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья могут в процессе обучения и прохождения текущего и итогового контроля пользоваться техническими средствами, необходимыми им в связи с их индивидуальными особенностями.

Допускается присутствие в аудитории во время сдачи экзамена/зачёта ассистента из числа работников КемГУ или привлечённых лиц, оказывающих студентам с ограниченными возможностями здоровья необходимую техническую помощь с учётом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с преподавателями).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматриваются следующие особенности проведения учебного процесса:

1. Преподаватель предоставляет студенту учебно-методические материалы, необходимые для освоения изучаемого материала (программа курса, план занятия, опорный конспект, методические пособия или слайд презентации, в случае наличия).
2. Лекционный материал преподается в наглядном виде слайд презентаций или сопровождается схемами, наглядными таблицами.
3. Предусматриваются индивидуальные консультации со студентом, на котором может присутствовать личный помощник.

Для лиц с нарушением слуха дидактический материал (слайд-презентации лекций, задания и инструкции к их выполнению) предоставляются в письменной форме или электронном виде при необходимости. Обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования.

Для лиц с тяжелыми нарушениями речи текущий и промежуточный контроль проводятся в письменной форме.

Для лиц с нарушением зрения задания и инструкции по их выполнению представляются с укрупненным шрифтом, для слепых задания оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются им. При необходимости обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс, предоставляется увеличивающее устройство, а также возможность использовать собственное увеличивающие устройство.

При необходимости лица с нарушениями двигательных функций нижних конечностей выполняют лабораторные работы в аудиториях 2 и 8 корпуса, оснащенных специализированным оборудованием, в паре с обучающимся без ограниченных возможностей здоровья. Письменные задания выполняются дистанционно, при этом взаимодействие с преподавателем осуществляется через ЭИОС.

Для лиц с нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей лабораторные работы выполняются в паре с обучающимся без ограниченных возможностей здоровья; письменные задания выполняются дистанционно, при этом взаимодействие с преподавателем осуществляется через ЭИОС; экзамен и зачет сдаются в устной форме.

Составитель (и): Карабцев С.Н., доцент кафедры ЮНЕСКО по ИВТ
