

Подписано электронной подписью:  
Вержицкий Данил Григорьевич  
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»  
Дата и время: 2024-02-21 00:00:00  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
Новокузнецкий институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»

Факультет информационных технологий  
Кафедра информационных систем и управления

УТВЕРЖДАЮ  
Декан  
  
В.О. Каледин  
« 13 » февраля 2017 г.

### Рабочая программа дисциплины

## **Б1.В.ДВ.10.1 ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ**

Направление подготовки  
09.03.03 Прикладная информатика

Направленность (профиль) подготовки  
Прикладная информатика в технике и технологиях

Уровень бакалавриата

Программа  
Академический бакалавриат

Квалификация выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Год набора 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

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

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

Целями освоения дисциплины «Численные методы решения краевых задач» являются: формирование социально-личностных качеств студента, способностей использовать теорию построения дискретных моделей краевых задач уравнений математической физики, теорию разностных схем, метода конечных элементов в научной и профессиональной деятельности, навыков исследования точности и достоверности численного решения на профессиональном уровне. Что соответствует целям ОПОП как в области обучения, так и воспитания личности.

В результате освоения ОПОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Численные методы решения краевых задач»:

<i>Коды компетенции</i>	<b>Результаты освоения ООП</b> <i>Содержание компетенций</i>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
ПК-2	способен разрабатывать, внедрять и адаптировать прикладное программное обеспечение	<b>Знать</b> методы разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения. <b>Уметь</b> внедрять и адаптировать прикладное программное обеспечение. <b>Владеть</b> навыками внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения в различных сферах профессиональной деятельности.
ПК-8	способен программировать приложения и создавать программные прототипы решения прикладных задач	<b>Знать</b> способы программирования приложений и создания программных прототипов решения прикладных задач. <b>Уметь</b> программировать приложения. <b>Владеть</b> навыками создания программных прототипов решения прикладных задач предприятий или организаций.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Численные методы решения краевых задач» относится к выборным дисциплинам цикла Б1 подготовки студентов по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» профиля подготовки «Прикладная информатика в технике и технологиях».

При формировании компетенции в рамках дисциплины «Численные методы решения краевых задач» применяются знания, умения и навыки, полученные студентами во время изучения дисциплин «Пакеты математического моделирования», «Численные методы», «Теория языков и трансляций», «Пакеты математического моделирования».

Одновременно с дисциплиной «Численные методы решения краевых задач» компетенцию ПК-2 формируют дисциплины «Проектирование информационных систем», «Компьютерная графика»;

компетенцию ПК-8 формируют дисциплины «Программная инженерия», «Математическое и имитационное моделирование экономических процессов», «Распределенные вычисления и приложения», «Интеллектуальные информационные системы и технологии».

Данная дисциплина изучается на четвертом курсе в седьмом семестре.

### 3. Объем дисциплины 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 составляет 3 зачетных единиц (ЗЕТ), 108 академических часов.

#### 3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Объем дисциплины	Всего часов для очной формы обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54
Аудиторная работа (всего):	54
в т. числе:	
Лекции	18
Лабораторные работы	36
Практические занятия	
Внеаудиторная работа (всего):	54
Курсовая работа	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	54
Вид промежуточной аттестации обучающегося	зачет, 7 семестр

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

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
			аудиторные учебные занятия	самостоятельная работа обучающихся		
1.	Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных	18	6	6	6	расчетно-графическая работа
2.	Вариационно- и проекционно-разностные схемы	12	2	2	8	расчетно-графическая работа
3.	Алгоритмы численного решения краевых задач	22	4	10	8	расчетно-графическая работа
4.	Методы конечных элементов	56	6	18	32	расчетно-графическая работа
	<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	зачет

## 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

### 4.2.1 Содержание лекционного курса

	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела дисциплины</b>
1	Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных	1.1 Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение. 1.2. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения. Прогонка. 1.3. Разностные схемы для ОДУ. Аппроксимация и устойчивость. Общие теоремы о сходимости. 1.4. Исследование устойчивости. Спектральный признак устойчивости. 1.5. Построение разностных схем для уравнений в частных производных. Условие Куранта, Фридрихса и Леви. Основные приемы исследования устойчивости. 1.6. Задачи с двумя пространственными переменными. Схемы расщепления. Эллиптические задачи. Метод установления.
2	Вариационно- и проекционно-разностные схемы	2.1 Вариационно- и проекционно-разностные схемы. Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина. Энергетические нормы. Теоремы о сходимости и оценка погрешности в энергетической норме.
3	Алгоритмы численного решения краевых задач	3.1 Методы решения систем уравнений с разреженной матрицей. Схемы хранения. 3.2 Общая теория итерационных методов решения систем уравнений. Линейная сходимость. 3.3 Ускорение. Чебышевское ускорение. Предобуславливание. 3.4 Методы второго порядка. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием. Частичная факторизация.
4	Методы конечных элементов (МКЭ)	4.1 Конечные элементы и аппроксимация. Оценка погрешности аппроксимации. 4.2 Конечные элементы в нелинейных краевых задачах. 4.3 Задачи теории упругости. 4.4 Задачи анализа колебаний. 4.5 Граничные интегральные уравнения. Способы аппроксимации функций на границе. 4.6 Особенности решения осесимметричных задач. Учет анизотропии и неоднородности. 4.7 Нестационарные задачи.

### 4.2.1 Содержание лабораторных занятий

	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела дисциплины</b>
1	Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных	1.1 Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение. 1.2. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения. Прогонка. 1.3. Разностные схемы для ОДУ. Аппроксимация и устойчивость. Общие теоремы о сходимости. 1.4. Исследование устойчивости. Спектральный признак устойчивости. 1.5. Построение разностных схем для уравнений в частных производных. Условие Куранта, Фридрихса и Леви. Основные приемы исследования устойчивости. 1.6. Задачи с двумя пространственными переменными. Схемы расщепления. Эллиптические задачи. Метод установления.
2	Вариационно- и проекционно-разностные схемы	2.1 Вариационно- и проекционно-разностные схемы. Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина. Энергетические нормы. Теоремы о сходимости и оценка погрешности в энергетической норме.
3	Алгоритмы численного	3.1 Методы решения систем уравнений с разреженной матрицей.

	решения краевых задач	Схемы хранения. 3.2 Общая теория итерационных методов решения систем уравнений. Линейная сходимость. 3.3 Ускорение. Чебышевское ускорение. Предобуславливание. 3.4 Методы второго порядка. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием. Частичная факторизация.
4	Методы конечных элементов	4.1 Конечные элементы и аппроксимация. Оценка погрешности аппроксимации. 4.2 Конечные элементы в нелинейных краевых задачах. 4.3 Задачи теории упругости. 4.4 Задачи анализа колебаний. 4.5 Граничные интегральные уравнения. Способы аппроксимации функций на границе. 4.6 Особенности решения осесимметричных задач. Учет анизотропии и неоднородности. 4.7 Нестационарные задачи.

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

Учебно-методический комплекс по дисциплине включает слайд-конспекты теоретической справки, разработки лабораторных занятий (включая задания для самостоятельной работы студентов) для свободного доступа студентам размещен в сети НФИ КемГУ по адресу: L/ФИТ/Кафедра Математики и математического моделирования/01.03.02 Прикладная математика и информатика/УМК.

Самостоятельная работа студентов включает:

- выполнение индивидуальных домашних заданий;
- подготовка к тестированию;
- подготовка к зачету.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции	наименование оценочного средства
1.	Теория разностных схем.	ПК-2, ПК-8	Расчетно-графическая работа Устный опрос Зачет
2.	Разностные схемы для уравнений в частных производных		
3.	Алгоритмы численного решения краевых задач		
4.	Методы конечных элементов		

### 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

#### 6.2.1. Зачет

##### а) типовые вопросы (задания)

1. Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение.
2. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения.
3. Алгоритм трехдиагональной прогонки (с обоснованием).
4. Разностные схемы для ОДУ-1 и ОДУ-2.
5. Аппроксимация разностной схемы.
6. Устойчивость разностной схемы.
7. Общие теоремы о сходимости.
8. Спектральный признак устойчивости.
9. Схемы Рунге-Кутты.
10. Разностные схемы для уравнений в частных производных.
11. Условие Куранта, Фридрикса и Леви.

12. Схемы расщепления.
13. Разностные схемы для эллиптических задач.
14. Метод установления.
15. Вариационно-разностные схемы.
16. Проекционно-разностные схемы.
17. Метод взвешенных невязок.
18. Метод Рунге.
19. Энергетические нормы.
20. Оценка погрешности в энергетической норме.
21. Схемы хранения разреженных матриц.
22. Алгоритмы решения систем с линейной сходимостью.
23. Чебышевское ускорение.
24. Предобуславливание.
25. Методы второго порядка.
26. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием.
27. Частичная факторизация.

#### **б) критерии оценивания компетенций (результатов)**

В задачи курса входит выработка навыков использования теории построения дискретных моделей краевых задач уравнений математической физики, теории разностных схем и метода конечных элементов в научной и профессиональной деятельности; формирование навыков исследования точности и достоверности численного решения.

Для успешного формирования данных навыков студент должен усвоить дисциплину в объеме тематического плана и получить практические навыки решения практических задач.

Критерий оценки на зачете складывается из следующих показателей:

- уровень усвоения теоретических знаний, показанный при ответе на вопросы по билету;
- уровень практических навыков, контролируемый выполнением заданий расчетно-графической работы.

#### **в) описание шкалы оценивания**

- «Зачтено» - выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике (во время выполнения расчетно-графической работы).
- «Незачтено» - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, а также не умеющему применять полученные знания на практике (во время выполнения расчетно-графической работы).

#### **6.2.2 Устный опрос**

##### **а) типовые вопросы (задания)**

1. Конечные элементы и аппроксимация.
2. Оценка погрешности конечно-элементной аппроксимации.
3. Конечные элементы в нелинейных краевых задачах.
4. Конечные элементы в краевых задачах теории упругости.
5. Конечные элементы в задачах анализа колебаний.
6. Граничные интегральные уравнения.
7. Способы аппроксимации функций на границе.
8. Особенности решения осесимметричных задач.
9. Нестационарные задачи.

##### **б) критерии оценивания компетенций (результатов)**

В задачи курса входит выработка навыков использования теории построения дискретных моделей краевых задач уравнений математической физики, теории разностных схем и метода конечных элементов в научной и профессиональной деятельности; формирование навыков исследования точности и достоверности численного решения.

Для успешного формирования данных навыков студент должен усвоить дисциплину в объеме тематического плана и получить практические навыки решения практических задач.

Критерий оценки на зачете складывается из следующих показателей:

- уровень усвоения теоретических знаний, показанный при ответе на вопросы по билету;
- уровень практических навыков, контролируемый качеством выполнения расчетно-графических работ.

#### в) описание шкалы оценивания

Оценка «Отлично» на зачёте ставится при отличном ответе на теоретические вопросы при условии отличной оценки, полученной при защите курсовой работы.

Оценка «Хорошо» ставится, если студент показывает хорошие теоретические знания при отличных или хороших практических навыках.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если теоретическая или практическая подготовка студента соответствует удовлетворительному уровню.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если теоретическая или практическая составляющая ниже удовлетворительного уровня.

### 6.2.3 Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных (расчетно-графическая работа)

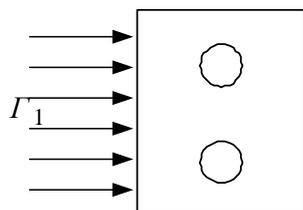
#### а) типовые вопросы (задания)

##### «Решение задачи теплопроводности»

Дана двумерная задача теплопроводности:

$$K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = c\rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, \quad 0 \leq t \leq t_0$$

где  $K_{xx}, K_{yy}$  – коэффициенты теплопроводности, в направлениях  $x, y$  размерности  $\text{кВт}/\text{м} \cdot \text{К}$ ;  $c$  – коэффициент теплоемкости;  $\rho$  – плотность материала.



##### Структура области:

Размеры сечения: 20x30 см.

Радиус включения: 6 см.

Материал: Сталь, Бетон (включения)

Граничные условия:

$$\Gamma_1 = 1,$$

$$T|_{\Gamma_1} = T^*, \quad T^* = 1000 \text{ К}$$

на других границах 3.

$$q_n|_{\Gamma_1} = h(T - T_\infty)$$

В формулах для граничных условий

$q$  – поток тепла,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ ;

$h$  – коэффициент теплообмена,  $53 \text{ кВт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ;

$T_\infty$  – температура окружающей среды, 293 К;

$T$  – температура на границе (неизвестная);

Начальные условия:  $T(x, y, 0) = \psi(x, y)$ .  $\psi(x, y) = 20 \cos x + y + 293$

Порядок точности не ниже второго.

Метод дискретизации – метод конечных разностей (МКР). Метод решения получаемой системы алгебраических уравнений выбирается самостоятельно.

#### б) критерии оценивания компетенций (результатов)

Обязательными разделами при оформлении работы являются:

1. постановка задачи;
2. описание метода дискретизации (с расчетными формулами);
3. определение сходимости полученной разностной схемы;
4. описание алгоритма решения системы уравнений;
5. результаты численных экспериментов по практической оценке погрешности;
6. описание полученных результатов.

Критерий оценки за расчетно-графическую работу складывается из следующих

показателей:

- уровень усвоения теоретических знаний, показанный при работе над разделами 1-4 расчетно-графической работы;
- уровень практических навыков, контролируемый выполнением разделов 5-6 расчетно-графической работы.

**в) описание шкалы оценивания**

- «Зачтено» - выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его (разделы 1-4 РГР), умеет применять полученные знания на практике (разделы 5-6 РГР).
- «Незачтено» - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, а также не умеющему применять полученные знания на практике.

**6.2.4 Алгоритмы численного решения краевых задач (расчетно-графическая работа)**

**а) типовые вопросы (задания)**

**«Итерационные методы решения СЛАУ»**

Пусть дана задача теплопроводности для бетонной пластины с 3 теплоизолированными кромками и с граничным условием 3 рода на одной из кромок (рисунок 1):

$$K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = c\rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, \quad q_n|_{\Gamma_1} = h(T - T_\infty),$$

где  $K_{xx}, K_{yy}$  – коэффициенты теплопроводности, в направлениях  $x, y$  размерности  $кВт/м \cdot К$  (указываются в зависимости от варианта);

$h$  – коэффициент теплообмена размерности  $кВт/м^2 \cdot К$  (указывается в зависимости от варианта);

$T_\infty$  – температура окружающей среды, 293 К;

$c$  – коэффициент теплоемкости бетона;

$\rho$  – плотность бетона.

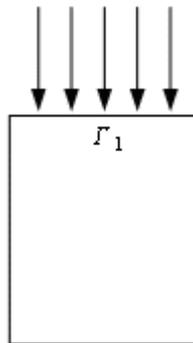


Рисунок 1 – Прямоугольная пластина

Составить неявную схему для данной задачи и решить полученную систему уравнений несколькими методами в зависимости от варианта. При этом необходимо выполнить следующие задачи:

1. Разработать программу решения СЛАУ (должна быть отдельная процедура для дальнейшего использования) задачи теплопроводности.
2. Исследовать скорость сходимости.
3. Исследовать влияние ускорения

№ п/п	Метод решения СЛАУ	Предобуславливание	Коэффициент теплоотдачи	Коэффициенты теплопроводности
1	Ричардсона и Якоби	диагональное	53	46, 46

**б) критерии оценивания компетенций (результатов)**

Критерий оценки за расчетно-графическую работу складывается из следующих показателей:

- уровень усвоения теоретических знаний, показанный при работе над теоретической частью расчетно-графической работы;
- уровень практических навыков, контролируемый выполнением практической части расчетно-графической работы.

**в) описание шкалы оценивания**

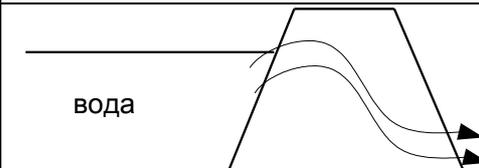
- **«Зачтено»** - выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его (теоретическая часть РГР), умеет применять полученные знания на практике (практическая часть РГР).
- **«Незачтено»** - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, а также не умеющему применять полученные знания на практике.

**6.2.5 Методы конечных элементов (курсовая работа)**

**а) типовые вопросы (задания)**

**«Конечно-элементные модели»**

1. Получить локальную матрицу конечных элементов для задачи.
2. Получить разрешающую систему.
3. Решить соответствующую задачу и исследовать сходимость.

№ п/п	Задачи	Элементы	Область
1	Задача фильтрации	Симплекс изопараметрический треугольник	и 

**б) критерии оценивания компетенций (результатов)**

Критерий оценки за курсовую работу «Конечно-элементные модели» является уровень проведенного исследования. Учитываются: обоснованность выбора метода конечных элементов для решения задач; определение сходимости полученного решения; описание алгоритма решения системы уравнений; результаты численных экспериментов по практической оценке погрешности; описание полученных результатов; использование современных программных средств.

**в) описание шкалы оценивания**

«Отлично» выставляется в том случае, если работа выполнена в полном объеме, студент демонстрирует глубокие знания по выбранной тематике. Текст курсовой работы составлен грамотно и в соответствии с требованиями. При защите курсовой работы выступающий демонстрирует грамотное использование профессиональных терминов и свободное владение материалом, соответствующим теме курсовой работы.

«Хорошо» выставляется в том случае, если работа выполнена в полном объеме, студент демонстрирует глубокие знания по выбранной тематике. Текст курсовой работы составлен грамотно и в соответствии с требованиями. При защите курсовой работы выступающий демонстрирует грамотное использование профессиональных терминов и свободное владение материалом, соответствующим теме курсовой работы, но допускает в ответе, или при решении поставленной задачи некоторые неточности.

«Удовлетворительно» выставляется в том случае, если работа выполнена не в полном объеме, студент демонстрирует разрозненные, неполные знания по выбранной тематике, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, некоторые нарушения логической последовательности в изложении материала. Текст курсовой работы не полностью соответствует требованиям, или составлен небрежно. При защите курсовой работы выступающий не использует профессиональные термины, или использует их неправильно, допускает в ответе, или при решении поставленной задачи некоторые неточности.

«Неудовлетворительно» выставляется в том случае, если работа выполнена небрежно, не все пункты задания выполнены. Текст курсовой работы не соответствует требованиям, нарушена логическая последовательность в составлении курсовой работы. При защите курсовой работы выступающий демонстрирует недостаточно свободное владение материалом, соответствующим теме курсовой работы, не может ответить на вопросы преподавателя.

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

При использовании балльно-рейтинговой системы оценка по дисциплине складывается из баллов, полученных за семестр и баллов, полученных на зачете.

Зачет можно получить автоматически, набрав за семестр, соответствующее число баллов по системе набора баллов.

- максимальное число баллов в течение семестра – 65
- максимальное число баллов за зачет – 20
- минимальное число баллов за семестр – 35

По результатам работы в семестре студент может получить зачет автоматически. Студент, не получивший автоматического зачета, обязан его сдавать на зачетной неделе.

Студентам, не набравшим минимальное число баллов, необходимых для получения зачета (35) в ведомость выставляется «не зачтено». Следующая сдача зачета считается повторной. Для получения зачета в этом случае необходимо выполнить лабораторные работы для получения недостающих баллов (до 35) и сдавать зачет устно по вопросам.

Баллы за семестр распределяются следующим образом:

Раздел	Темы	Контрольная точка	Максимально возможное количество баллов за контрольную точку
Теория разностных схем.	Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения. Прогонка.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
	Разностные схемы для ОДУ. Аппроксимация и устойчивость. Общие теоремы о сходимости.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
	Исследование устойчивости. Спектральный признак устойчивости.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
	Построение разностных схем для уравнений в частных производных. Условие Куранта, Фридрихса и Леви. Основные приемы исследования устойчивости.	расчетно-графическая работа	15
	Задачи с двумя пространственными переменными. Схемы расщепления. Эллиптические задачи. Метод установления.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
Разностные схемы для уравнений в частных производных	Вариационно- и проекционно-разностные схемы. Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина. Энергетические нормы. Теоремы о сходимости и оценка погрешности в энергетической норме.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
Алгоритмы	<b>Методы решения систем уравнений с разреженной матрицей. Схемы хранения.</b>	расчетно-графическая работа	15

численного решения краевых задач	Общая теория итерационных методов решения систем уравнений. Линейная сходимость.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
	Ускорение. Чебышевское ускорение. Предобуславливание	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
	Методы второго порядка. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием. Частичная факторизация.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
Методы конечных элементов	Конечные элементы и аппроксимация. Оценка погрешности аппроксимации.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
	Задачи теории упругости.	расчетно-графическая работа	15
	Граничные интегральные уравнения. Способы аппроксимации функций на границе.	Индивидуальное задание на лабораторную работу	2
Итого			65

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

### а) основная учебная литература:

1. Зализняк, В.Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Е. Зализняк, Г.И. Щепановская. -Электрон. текстовые дан. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=441232> (Глава 11. Численное решение краевых задач.)
2. Гриняев, Ю.В. Методы математической физики [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.В. Гриняев, Л.Л. Миньков, С.В. Тимченко, В.М. Ушаков - Электрон. текстовые дан. – Томск: Эль Контент, 2012. – 148 с. - Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=208645](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=208645)

### б) дополнительная учебная литература:

1. **Калиткин, Н.Н.** Численные методы [Электронный ресурс]: учебн. пособие / Н.Н. Калиткин. - 2-е изд., исправленное.-Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : БХВ - Петербург, 2011. - 592 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350803> (Глава 8. Обыкновенные дифференциальные уравнения, п.2. Краевые задачи.)
2. **Бахвалов, Н.С.** Численные методы [Электронный ресурс] / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 7-ое изд. – Электрон.текстовые дан. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=365807> (Глава 9. Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений)
3. **Абакумов, М.В.** Лекции по численным методам математической физики [Электронный ресурс] : учебн. пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин– Электрон. текстовые дан. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 158 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=364601>

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

- Новая электронная библиотека – [www.newlibrary.ru](http://www.newlibrary.ru)
- Российское образование (федеральный портал) – [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
- Нехудожественная библиотека – [www.nehudlit.ru](http://www.nehudlit.ru)

- Научная электронная библиотека [www.e-library.ru](http://www.e-library.ru)
- Университетская информационная система [www.uisrussia.ru](http://www.uisrussia.ru)

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

### ***Методические рекомендации студентам к практическим занятиям***

В начале практического занятия происходит обсуждение задач, решенных студентами самостоятельно дома. Преподаватель может (выборочно) проверить записи с самостоятельно решенными задачами.

Затем начинается опрос по теме, обозначенной для данного практического занятия. В процессе этого опроса студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия. Творческое обсуждение, дискуссии вырабатывают умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода ораторской деятельности.

В заключение опроса преподаватель, еще раз кратко резюмирует теоретический материал, необходимый для решения задач. Затем приступают к решению практических задач, используя изученные теоретические положения.

### ***Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям***

В ходе подготовки к практическому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора.

Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.

Важно развивать умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал.

Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования. Преподаватель может рекомендовать студентам следующие основные формы записи: план (простой и развернутый), выписки, тезисы.

Результаты конспектирования могут быть представлены в различных формах.

План – это схема прочитанного материала, краткий (или подробный) перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Подробно составленный план вполне заменяет конспект.

Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов:

- План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.
- Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.
- Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.

- Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то схеме (вопросу).

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю.

Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать практические задачи, с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с практическим применением.

После практического занятия необходимо не откладывая, в тот же день, выполнить все задания, оставленные для самостоятельной работы.

Ввиду трудоемкости подготовки к практическому занятию преподавателю следует предложить студентам алгоритм действий, рекомендовать еще раз внимательно прочитать записи лекций, тщательно продумать ответы на теоретические вопросы.

### ***Групповая консультация***

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (решение практических задач, изучение определений, разбор доказательства теорем и утверждений, вывода формул и т.д.);
- если студенты самостоятельно изучают отдельные темы дисциплины.

Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

### ***Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы***

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в библиотеке учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Общий объем самостоятельной работы студентов по дисциплине осуществляется в следующих формах:

- Подготовка к лекционным и практическим занятиям;
- Подготовка к текущим контрольным мероприятиям (сдача расчетно-графической работы, контрольные).

### **Процедура организации самостоятельной работы по видам**

#### ***Подготовка к лекционным и практическим занятиям.***

При подготовке к лекционным и практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия, освоить основные понятия, методы и алгоритмы

численного решения краевых задач, ответить на контрольные вопросы по теме.

### ***Подготовка к контрольным мероприятиям.***

Текущий контроль знаний осуществляется в форме самостоятельных расчетно-графических работ по отдельным темам. При подготовке к расчетно-графической работе студентам необходимо повторить материал практических занятий по отмеченным преподавателем темам, а также повторить теоретический материал по данным темам.

### ***Контроль сформированности компетенций***

***Текущий контроль*** теоретических знаний осуществляется при сдаче расчетно-графической работы.

***Промежуточный контроль*** осуществляется в виде зачета в 7 семестре.

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

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- применение средств мультимедиа в образовательном процессе (демонстрация примеров решения практических задач с использованием слайд-презентаций);
- применение программного обеспечения для разработки программного обеспечения, предназначенного для численного решения краевых задач.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лекции: Учебная аудитория на 25 мест.

Компьютер мультимедиа с прикладным программным обеспечением: программа для просмотра компьютерных презентаций (Microsoft Office PowerPoint). Проектор

Лабораторные занятия: Компьютерный класс на 25 мест.

Компьютеры с доступными средами программирования.

## **12. Иные сведения и (или) материалы**

### ***12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине***

Для успешного освоения дисциплины сочетаются традиционные и инновационные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения по направлению 09.03.09 «Прикладная информатика» профиля подготовки «Прикладная информатика в технике и технологиях».

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе интерактивных форм проведения занятий.

Основными образовательными технологиями, используемыми в обучении по дисциплине «Численные методы решения краевых задач», являются технологии активного и интерактивного обучения. В лекционном курсе такие занятия принимают вид лекции-беседы, лекции-дискуссии (всего 4 часов); работа в малых группах (всего 6 часов), в курсе лабораторных занятий – занятие с разбором конкретных ситуаций, проблемное обучение (всего 8 часов).

Наименование раздела и темы дисциплины	Вид занятия	Используемые активные и интерактивные формы обучения
Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных	Лекция	лекция-беседа
Методы конечных элементов (МКЭ)	Лекция	лекция-дискуссия
Вариационно- и проекционно-разностные схемы.	Лабораторное занятие	Занятие с разбором конкретной ситуации
Методы решения систем уравнений с разреженной матрицей	Лабораторное занятие	Занятие с разбором конкретной ситуации
Методы второго порядка	Лабораторное занятие	Проблемное обучение
Конечные элементы и аппроксимация.	Лабораторное занятие	Проблемное обучение
Оценка погрешности аппроксимации	Лабораторное занятие	Занятие с разбором конкретной ситуации
Задачи теории упругости	Лабораторное занятие	Проблемное обучение

В рамках учебного курса предусматриваются встречи с представителями российских компаний, таких как ОАО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова», специализирующихся на применении математического моделирования в производственной и технологической деятельности.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 17% (18 часов).

Составитель : \_\_\_\_\_ к.т.н. Васильева Е.И.  
(фамилия, инициалы и должность преподавателя (ей))