

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 30 » мая 2022 г.



### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

Б1.О.10 Математическое моделирование объектов с распределенными параметрами

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Автоматизированные системы обработки информации и управления

магистр

квалификация

Очная, очно-заочная

форма обучения

Нижнекамск, 2022 г.

Составитель ФОС:

доцент

(должность)

(подпись)



Л.Р. Вотякова

(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ИСТ,  
протокол от 20.04.2022 г. № 8

Зав. кафедрой

(подпись)



О.В. Матухина

(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП



О.В. Матухина

**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;

ОПК-1.1 Знает математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности;

ОПК-1.2 Умеет решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных, социально-экономических и профессиональных знаний;

ОПК-1.3 Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;

ОПК-2 Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач;

ОПК-2.1 Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач;

ОПК-2.2 Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач;

ОПК-2.3 Владеет навыками разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9	<b>Не предусмотрены</b>	Тема 1-11	<b>Не предусмотрены</b>	Текущий контроль, лаб. работы, зачет
ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9	<b>Не предусмотрены</b>	Тема 1-11	<b>Не предусмотрены</b>	Текущий контроль, лаб. работы, зачет

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b>Лабораторный практикум, текущий контроль</b>	
Лабораторная работа	Балл
	очная форма
	2 семестр
№1	5 – 7
№2	5 – 8
№3	5 – 9
№4	5 – 9
№5	5 – 9
№6	5– 8
№7	5 – 7
№8	5 – 7
№9	5 - 9
№10	5 - 8
№11	5 - 9
Текущий контроль	5-10
ИТОГО	60-100

### Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

### Краткая характеристика оценочных средств

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	Лабораторная работа	Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины с использованием технических средств	Темы лабораторных работ, задания по темам лабораторных работ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет* информационных технологий  
*Кафедра* ИСТ

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Программа: Автоматизированные системы обработки информации и управления

**Комплект лабораторных работ по дисциплине**  
«Математическое моделирование объектов с распределенными параметрами»

### **Лабораторная работа №1**

**Тема** «Метод прогонки для решения систем конечно-разностных уравнений с трехдиагональной матрицей».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Решить систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с трехдиагональной матрицей методом прогонки

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 = 4 \\ x_1 + 4x_2 + 2x_3 = 7 \\ 3x_2 + 5x_3 - x_4 = 1 \\ 2x_3 + 4x_4 + x_5 = 5 \\ x_4 + 3x_5 = 3 \end{cases}$$

3. Составить программу решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей методом прогонки состоящей из  $n$  уравнений.
4. Реализовать программу решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей методом прогонки на компьютере. Протестировать программу.
5. Составленную программу оформить в виде подпрограммы.
6. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### **Лабораторная работа №2**

**Тема** «Краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения II порядка».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Дана краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения II порядка:

$$y'' - (3 \cdot x + 1) \cdot y' - \frac{6 \cdot y}{x} = 10 \cdot x + 7$$

$$y'(0,5) - y(0,5) = 1; \quad y(0,8) + 2 \cdot y'(0,8) = 1,5.$$

$$(a=0,5; \quad b=0,8).$$

Найти численное решение краевой задачи методом конечных разностей при  $n = 3$ , используя равномерную сетку. Для аппроксимации производных в дифференциальном уравнении использовать центрально-разностные формулы.

3. Дана двухточечная краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения II порядка:

$$y'' + p(x) \cdot y' + q(x) \cdot y = f(x) \quad (a < x < b);$$

$$c_1 y(a) + d_1 \cdot y'(a) = g_1;$$

$$c_2 y(b) + d_2 \cdot y'(b) = g_2.$$

Здесь  $p(x), q(x), f(x)$  - известные функции;  $c_1, d_1, g_1, c_2, d_2, g_2$  - известные константы; отрезок  $[a, b]$  - известен.

Построить конечно - разностную схему, используя центрально-разностные формулы для аппроксимации производных в дифференциальном уравнении (сетка равномерная).

Составить программу решения задачи. Для решения системы конечно-разностных уравнений использовать метод прогонки. При составлении программы использовать подпрограмму решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей методом прогонки.

4. Задачу из п.2 решить с помощью разработанной программы при  $n = 3$  и  $n = 5$ . Полученные результаты представить графически.

5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №3

**Тема** «Первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Явная схема».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.

2. Дана I краевая задача для уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t) \quad (0 < x < l, \quad 0 < t \leq T),$$

$$u(x, 0) = 2x \cdot (1 - x) + 0,7 \cdot (k - 0,5),$$

$$u(0, t) = 2 \cdot t + 0,7 \cdot (k - 0,5),$$

$$u(l, t) = 3 \cdot (t + 0,12) + 0,5 \cdot (k + 1).$$

Здесь  $f(x, t) = 3x + 2t$ ,  $l$  - длина стержня;  $l = 0,6$ ;  $T = 0,01$ ;  $k$  - номер варианта.

Найти численное решение краевой задачи с помощью явной схемы при  $r = 1/6$ ,  $n = 6$ .

3. Составить программу решения краевой задачи с помощью явной схемы. Результаты расчета напечатать в виде таблицы.

4. Задачу из п.2 решить с помощью разработанной программы при  $n = 6$ ,  $m = 6$ .

5. Исследовать влияние шагов интегрирования на устойчивость конечно - разностной схемы, используя разработанную программу.

6. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №4

**Тема** «Первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Неявная схема».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.

2. Дана I краевая задача для уравнения теплопроводности:



$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t) \quad (0 < x < l, \quad 0 < t \leq T),$$

$$u(x, 0) = 2x \cdot (1 - x) + 0,7 \cdot (k - 0,5),$$

$$u(0, t) = 2 \cdot t + 0,7 \cdot (k - 0,5),$$

$$u(l, t) = 3 \cdot (t + 0,12) + 0,5 \cdot (k + 1).$$

Здесь  $f(x, t) = 3x + 2t$ ,  $l$  – длина стержня;  $l = 0,6$ ;  $T = 0,01$ ;  $k$  – номер варианта.

Найти численное решение краевой задачи с помощью неявной схемы при  $r = 1/6$ ,  $n = 6$ .

3. Составить программу решения краевой задачи с помощью неявной схемы. При разработке программы использовать подпрограмму решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей методом прогонки. Результаты расчетов напечатать в виде таблицы.
4. Задачу из п.2 решить с помощью разработанной программы при  $n = 6$ ,  $m = 6$ . Сравнить температурные поля, полученные с помощью явной и неявной схем.
5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №5

**Тема** «Расчет стационарного двумерного температурного поля при течении в трубе».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. При известном поле скоростей нужно рассчитать двумерное температурное поле  $T(r, z)$  несжимаемой жидкости, протекающей в трубе радиусом  $R$  и длиной  $l$ . Профиль скорости имеет параболический вид

$$u_z(r) = u_0 \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right),$$

где  $u_0$  – скорость на оси трубы. Поперечная составляющая скорости  $u_r = 0$ .

Двумерное температурное поле  $T(r, z)$  находится в результате решения уравнения энергии, которое имеет вид:

$$c_p \rho v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\lambda}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right).$$

Граничные условия: на входе температура известна, на оси трубы ставится условие симметрии, а на стенке ( $r=R$ ) задается известное распределение температуры.

При выводе конечно – разностных уравнений использовать метод контрольного объема.

3. Разработать алгоритм решения краевой задачи из п.2.
4. Составить программу решения краевой задачи из п.2. При разработке программы использовать подпрограмму решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей методом прогонки.
5. С помощью разработанной программы исследовать влияние скорости на входе на поле температур в расчетной области. Полученные результаты представить графически.
6. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №6

**Тема** «Решение 1-й краевой задачи для уравнения теплопроводности в математическом пакете MatLab».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Средства математического пакета MatLab для решения дифференциальных уравнений.
3. Дана I краевая задача для уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t) \quad (0 < x < l, \quad 0 < t \leq T),$$

$$u(x, 0) = 2x \cdot (1 - x) + 0,7 \cdot (k - 0,5),$$

$$u(0, t) = 2 \cdot t + 0,7 \cdot (k - 0,5),$$

$$u(l, t) = 3 \cdot (t + 0,12) + 0,5 \cdot (k + 1).$$

Здесь  $f(x, t) = 3x + 2t$ ,  $l$  – длина стержня;  $l = 0,6$ ;  $T = 0,01$ ;  $k$  – номер варианта.

Найти численное решение краевой задачи в математическом пакете MatLab, используя явную схему (при  $r = 1/6$ ,  $n=6$ ). Исследовать влияние шагов интегрирования на результаты расчетов.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №7

**Тема** «Пакет прикладных программ FLUENT. Описание совокупности и назначения различных меню прикладного пакета FLUENT».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Возможности пакета FLUENT, области применения пакета.
3. Меню File.
4. Меню Grid, Define.
5. Меню Solve.
6. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №8

**Тема** «Построение сеток с использованием препроцессора GAMBIT».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Основное окно программы.
3. Панель инструментов. Назначение кнопок.
4. Группа кнопок «**Geometry**»; группа кнопок «**Mesh**».
5. Набор значений типов граничных условий.
6. Команды формирования поверхностей.
7. Группы кнопок для создания сеток.
8. Создать двумерную сетку в декартовой системе координат.
9. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №9

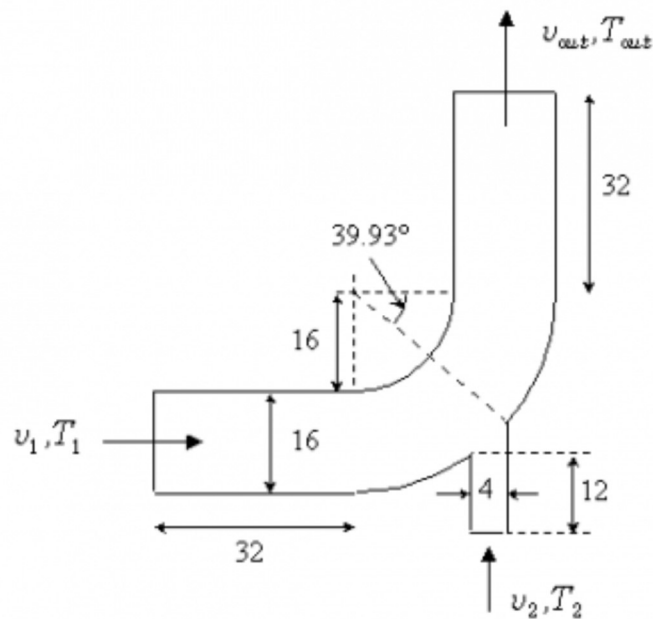
**Тема** «Создание расчётной геометрии и разностной сетки изогнутого канала для смешивания жидкостей с различной температурой».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. На рисунке представлен изогнутый канал с патрубком, через который подается подогретая жидкость. Необходимо построить геометрию области исследования и разностную сетку для изогнутого канала. Такая геометрическая конфигурация встречается в трубопроводных системах на электростанциях и в обрабатывающей промышленности.

Холодная жидкость поступает из большого отверстия, а тёплая – через малый канал ( $T_1 < T_2$ ).

Таким образом происходит смешение двух жидкостей с разными температурами.



В этой лабораторной работе требуется:

- создавать вершины;
- создавать изогнутые кривые (арки), указывая центр кривизны и конечные точки;
- создавать прямые линии (рёбра) между вершинами;
- разделять арки, используя вершину;
- создавать грани из рёбер;
- задавать распределение узлов сетки на рёбрах;
- создавать структурированную сетку на гранях;
- создавать неструктурированную сетку;
- ставить граничные условия для построенной геометрии;
- экспортировать сетку.

3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №10

**Тема** «Постпроцессор для анализа и визуализации расчетов».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Меню постобработки результатов расчёта Display, Plot.
3. Графическое представление результатов расчета течения и теплообмена.
4. Нарисовать векторное поле скорости в плоскости  $z = 0,15$ .
5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №11

**Тема** «Течение и теплообмен в каналах».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет ламинарного неизотермического течения воздуха в плоском канале при  $Re_n=10$  и  $Pr=5$ . Построить графики изменения осевой скорости, безразмерного коэффициента теплообмена.  
Исходные данные задаются согласно номеру варианта.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.