

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.35.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое и компьютерное моделирование 2

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)
Компьютерные технологии и математическое моделирование

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Общая трудоемкость: ЗЕТ 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	экзамен	
Вид занятий		
Лекции	32	32
Лабораторные		
Практические	32	32
Руководство: курсовые работы (проекты)	1	1
Промежуточная аттестация		
Контактная работа	64,35	64,35
Самостоятельная работа	115,00	155,00
Контроль	35,65	35,65
Итого	216	216

Рабочую программу составил(и):

Профессор института цифровых технологий, доцент, д.ф.-м.н. Сафронов А.И.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2030 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании института цифровых технологий

(протокол заседания № 1 от «05» сентября 2025 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – овладение основными математическими методами и приемами моделирования систем, современными средствами для создания компьютерных моделей, а также решения проблем с помощью информационных технологий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина:

Математическое и компьютерное моделирование-1

Исследование операций-1

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Системы искусственного интеллекта-2

Вычислительный эксперимент-2

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знает современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности	Знать: существующие стандарты оформления технической документации
		Уметь: применять существующие стандарты оформления технической документации
		Владеть: существующими стандартами оформления технической документации
	ОПК-4.2 Умеет использовать современные информационные технологии в профессиональной деятельности	Знать: о применении навыков составления технической документации на различных этапах жизненного цикла информационной системы
		Уметь: применять навыки составления технической документации на различных этапах жизненного цикла информационной системы
		Владеть: навыками применения составления технической документации на различных этапах жизненного цикла информационной системы
	ОПК-4.3 Владеет навыками применения современных	Знать: о необходимости участвовать в разработке стандартов, норм и

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности	правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью ОПК
		Уметь: участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью ОПК
		Владеть: необходимыми навыками участия в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью ОПК
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Демонстрирует знание математических моделей и умение их применения и модификации для решения задач профессиональной деятельности	Знать: знает существующие математические модели и об их применения и модификации для решения задач профессиональной деятельности
		Уметь: применять существующие математические модели при решении задач в профессиональной деятельности
		Владеть: существующими математическими моделями для решения задач профессиональной деятельности
	ОПК-3.2 Осуществляет выбор математических моделей и необходимость их модификации для решения профессиональных задач	Знать: об осуществлении выбора математических моделей и необходимости их модификации для решения профессиональных задач
		Уметь: осуществлять выбор математических моделей и их модифицировать для решения профессиональных задач
		Владеть: навыками осуществления выбора математических моделей и необходимости их модификации для решения профессиональных задач
	ОПК-3.3 Демонстрирует умение применения и модификации	Знать: о применения и модификации математических моделей при решении

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	математических моделей при решении профессиональных задач	профессиональных задач
		Уметь: применять и модифицировать математические модели при решении профессиональных задач
		Владеть: необходимыми навыками применения и модификации математических моделей при решении профессиональных задач

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1 Введение	Лек	Введение в математическое и компьютерное моделирование	7	2		-	
	Лек	Уравнения в частных производных	7	2		-	
Модуль 2 Математическое моделирование	Лек	Постановка задач математической физики для уравнений параболического типа	7	2		-	
	Лек	Постановка задач математической физики для уравнений гиперболического типа	7	2		-	
	Лек	Постановка задач математической физики для уравнений эллиптического типа	7	2		-	
	Лек	Основные определения и конечно-разностные схемы для задач математической физики	7	2		-	
	Лек	Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией дифференциальных задач	7	2		-	
	Лек	Анализ порядка аппроксимации разностных схем	7	2		-	
	Лек	Краевая задача теплопроводности	7	2		-	
	Лек	Решение начально-краевой задачи для уравнения параболического типа. Метод прогонки	7	2		-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек	Аппроксимация граничных условий	7	2		-	
	Лек	Метод фиктивной точки	7	2		-	
	Лек	Неявно-явная конечно-разностная схема Кранко-Николсона	7	2		-	
	Лек	Метод конечных разностей решения задач для волнового уравнения	7	2		-	
	Лек	Метод установления и его обоснование	7	2		-	
	Лек	Моделирование гетерогенных систем	7	2		-	
	СР	Самостоятельное изучение лекционного материала	7	115			
	Пр	Решение системы дифференциальных уравнений	7	4		-	Задание по практической работе
	Пр	Решение ОЗВБ методом Дроздова	7	4		-	Задание по практической работе
	Пр	Решение однородного уравнения теплопроводности с граничными условиями 1-го рода.	7	4		-	Задание по практической работе
	Пр	Решение однородного уравнения теплопроводности с граничными условиями 2-го рода.	7	4		-	Задание по практической работе
	Пр	Решение однородного уравнения теплопроводности с граничными условиями 3-го рода.	7	4		-	Задание по практической работе

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр	Решение уравнения Лапласа.	7	4		-	Задание по практической работе
	Пр	Решение волнового уравнения	7	4		-	Задание по практической работе
	Пр	Решение уравнения переноса	7	4		-	Задание по практической работе
	ПА		7	0,35			
	Контроль	Экзамен	7	36,65			Вопросы к экзамену
Итого:				216			

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются следующие образовательные технологии:
- технологии традиционного обучения в форме лекций, практических работ и самостоятельной работы студентов;

6. Методические указания по освоению дисциплины

В организации работы студентов очной формы обучения над изучением учебного курса «Математическое и компьютерное моделирование -2» важное место принадлежит аудиторным занятиям. В них излагается общая характеристика вопросов темы.

Практические занятия проводятся по наиболее сложным теоретическим проблемам дисциплины.

На каждом последующем практическом занятии студенты, при ответе на проблемные вопросы и в ходе выполнения сложных заданий, должны использовать знания, полученные при изучении предшествующих тем. Основным источником информации при подготовке к практическим занятиям является основная и дополнительная литература.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
7	ОПК-3	Практические занятия № 1, 2 Вопросы к экзамену
7	ОПК-4	Практические занятия № 3 – 8 Вопросы к экзамену

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1.

Практическое задание

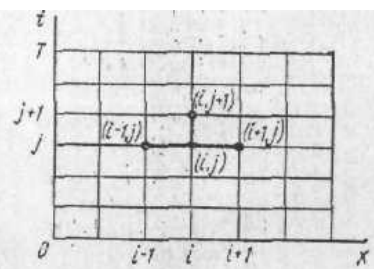
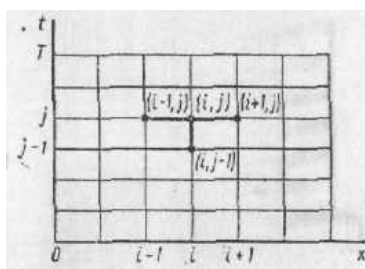
(наименование оценочного средства)

Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)

1.	<p>(Краевая задача для уравнения параболического типа.) Цель практической работы: усвоить численный метод решения краевой задачи для уравнения параболического типа</p> <p style="text-align: center;">ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ</p> <p>Рассмотрим смешанную задачу для однородного уравнения теплопроводности. Задача состоит в отыскании функции $u(x, t)$, удовлетворяющей в области $D = \{ (x, t) 0 < x < a, 0 < t < T \}$</p> $\frac{\partial u}{\partial t} = k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (k = \text{const} > 0)$ <p>уравнению</p> $u(x, t) = f(x) \quad (2)$ <p>начальному условию</p> $u(0, t) = \mu_1(t), \quad u(a, t) = \mu_2(t). \quad (3)$ <p>и краевым условиям первого рода</p> <p>К задаче (1)–(3) приводит, а частности, задача о распространении тепла в однородном стержне длины a, на концах которого поддерживается заданный температурный режим. Краевые условия второго и третьего рода а данной лабораторной работе не рассматриваются. Замена переменных $t \rightarrow kt$ приводит уравнение (1) к виду</p> $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},$ <p>поэтому в дальнейшем будем считать $k=1$.</p> <p>Построим в области $D = \{ (x, t) 0 < x < a, 0 < t < T \}$ равномерную прямоугольную сетку а шагом h в направлении x и шагом τ — в направлении t (рис. 1). Обозначим узлы сетки через $(x_i, t_j), \dots, (x_i, t_j), \dots$, а приближенные значения функции $u(x, t)$ в узлах — u_{ij}. Тогда $x_i = ih, i=0, 1, \dots, n, h=a/n, t_j = j\tau, j=0, 1, \dots, m, \tau=T/m$.</p> <p>Аппроксимируем уравнение (1) на четырехточечном шаблоне,</p>
----	---

который изображен на рис. 1 жирными линиями. В результате получаем неявную двухслойную разностную схему:

$$\lambda u_{i+1,j} - (1+2\lambda)u_{i,j} + \lambda u_{i-1,j} = -u_{i,j-1} \quad (4)$$



которая аппроксимирует уравнение (1) с погрешностью $O(\tau + h^2)$.
Здесь $\lambda = \tau / h^2$.

Рис. 1

Рис. 2

Схема (4) аппроксимирует уравнение (1) только во внутренних узлах сетки, поэтому число уравнений в схеме (4) меньше числа неизвестных u_{ij} . Недостающие уравнения получают из краевых условий

$$u_{0j} = \mu_1(t_j), \quad u_{nj} = \mu_2(t_j). \quad (5)$$

Схема (4)—(5) неявная, поэтому значения u_{ij} находят как решение системы линейных уравнений (4). Для решения системы (4) можно применять любой алгоритм решения систем линейных уравнений, однако система (4) обладает трехдиагональной матрицей и рациональнее всего решать ее методом прогонки. Таким образом, решив систему разностных уравнений, найдем значения функции u на временном слое j , если известно решение на временном слое $j - 1$.

Итак, алгоритм численного решения задачи имеет следующий вид. На нулевом временном слое ($j = 0$) решение известно из начального условия $u_{i0} = f(x_i)$. На каждом следующем слое искомая функция определяется как решение системы (4)—(5).

Метод прогонки

Уравнение (4) в общем виде записывается

$$a_i u_{i-1} - 2b_i u_i + c_i u_{i+1} = f_i, \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (6)$$

на левой границе области

$$c_0 u_1 - 2b_0 u_0 = f_0 \quad (7)$$

на правой границе области

$$a_N u_{N-1} - 2b_N u_N = f_N. \quad (8)$$

Имеем u_0, u_1, u_2, \dots

Будем искать решение в виде:

$$u_{i-1} = P_i u_i + Q_i \quad (*)$$

$$u_0 = c_0 / 2b_0 \cdot u_1 + (-f_0 / 2b_0) \quad (9)$$

$$P_1 = c_0 / 2b_0, \quad Q_1 = -f_0 / 2b_0;$$

Для всех остальных P_i, Q_i получим рекуррентные формулы, подставив (*) в (6):

$$a_i (P_i u_i + Q_i) - 2b_i u_i + c_i u_{i+1} = f_i,$$

$$(a_i P_i - 2b_i) u_i + c_i u_{i+1} = f_i - a_i Q_i$$

$$u_i = \frac{c_i}{2b_i - a_i P_i} u_{i+1} + \frac{f_i - a_i Q_i}{-2b_i + a_i P_i}$$

$$u_i = P_{i+1} u_{i+1} + Q_{i+1},$$

$$P_{i+1} = \frac{c_i}{2b_i - a_i P_i}; \quad Q_{i+1} = \frac{-f_i + a_i Q_i}{2b_i - a_i P_i};$$

Если известны P_1, Q_1 , то можно найти P_2, Q_2 , и т.д.

$$u_{N-1} = P_N u_N + Q_N;$$

$$u_{N-1} = 2b_N / a_N \cdot u_N + f_N / a_N;$$

Имеем систему двух уравнений.

$$\frac{a_N Q_N - f_N}{2b_N - P_N a_N}$$

Отсюда: $u_N = \frac{a_N Q_N - f_N}{2b_N - P_N a_N}$

Зная u_N по формуле (*) вычисляем все u_i от $i = N-1$ до 0.

Таким образом, находятся все u_i на верхнем слое.

Замечательным свойством неявной схемы (4) является ее устойчивость при любых значениях параметра $\lambda = \tau / h^2 > 0$. Преимущества схемы (4) особенно ощутимы при сравнении с явной схемой, которая получается при аппроксимации уравнения (1) на шаблоне, изображенном на рис. 2.

Явная схема оказывается устойчивой только при $\lambda \leq 1/2$, т. е. при $\tau \leq h^2 / 2$. Это означает, что вычисления по явной схеме придется вести с очень малым шагом по τ , что конечно может привести к большим затратам машинного времени. В неявной схеме вычисления на одном шаге требуют больше операций, чем в явной схеме, но зато величину шага τ можно выбрать как угодно большой без риска нарушить устойчивость схемы. Все это позволяет значительно уменьшить машинное время, необходимое для решения задачи. Схема (4) обладает сходимостью. Это означает, что при $h, \tau \rightarrow 0$ решение разностной задачи (4) — (5) стремится к точному решению смешанной задачи (1) — (3).

Для численного решения задачи (1) — (3) предназначена подпрограмма CALC.

Программа CALC решает систему (4) методом прогонки и вычисляет решение на каждом слое по значениям решения с предыдущего слоя.

В х о д н ы е п а р а м е т р ы : НХ — шаг сетки h по переменной x ; НТ — шаг сетки τ по переменной t ; N — количество шагов сетки по x ; U — массив из $N + 1$ чисел, содержащий перед обращением к CALC начальное значение решения в узлах первого слоя сетки; P, Q — рабочие массивы из $N - 1$ чисел каждый /это прогоночные коэффициенты/.

В ы х о д н ы е п а р а м е т р ы : U — массив из $N + 1$ чисел (он же входной), содержащий значение решения в узлах очередного временного слоя сетки.

Перед обращением к программе CALC необходимо:

1) описать массивы U, P, Q:

2) присвоить фактические значения параметрам НХ, НТ, N;

3) присвоить элементам U начальное значение решения в узлах первого слоя сетки.

Задание. Используя программу CALC, решить смешанную задачу с постоянными граничными условиями для однородного уравнения теплопроводности в области $D = \{ (x, t) | 0 < x < a, 0 < t < T \}$. Результаты печатать на каждом временном слое.

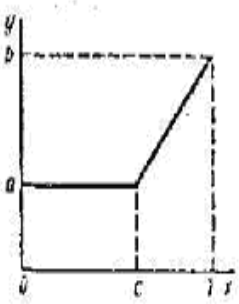
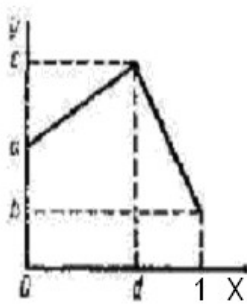
Порядок выполнения практической работы

1. Составить основную программу, содержащую циклическое обращение к программе решения параболического уравнения с печатью результатов на каждом шаге.
2. Составить подпрограмму - функцию, вычисляющую значение функции $F(x)$ для начального значения $u(x, 0)$.
3. Провести вычисления на компьютере.
4. Результаты решения вывести в виде графика изменения функции с зафиксированными значениями на концах начального интервала.

Примечание: для более плавного поведения функции увеличить начальное количество точек разбиения отрезка $X[0, 1]$ по своему усмотрению.

Варианты заданий

Решить смешанную задачу для уравнения теплопроводности с начальным условием $u(x, 0) = f(x)$ и граничными условиями $u(0, t) = a$, $u(1, 0) = b$

№ варианта	$f(x)$	a	b	c	d
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0	3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,5 7,0 7,5 8,0	0,05 0,15 0,25 0,35 0,45 0,55 0,65 0,75 0,85 0,95	
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20		8,0 9,0 10,0 11,0 12,0 13,0 14,0 15,0 16,0 17,0	3,0 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0 11,0 12,0	20,0 21,0 22,0 23,0 24,0 25,0 26,0 27,0 28,0 29,0	0,05 0,15 0,25 0,35 0,45 0,55 0,65 0,75 0,85 0,95

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

	<p>1. А.А.Самарский, А.В.Гулин. Численные методы. М.: Главная ред. Физ.-мат. лит. - 1989 г., 430 с.</p> <p>2. Бахвалов Н.С. Численные методы / Н. С.Бахвалов, Н. П. Жидков, Г.М. Кобельков. – изд.4-е; Гриф МО. – М.: Бином. Лаборатория знаний. 2006 г. – 636 с.</p>
--	---

Критерии оценки:

«зачтено» - при защите отчета продемонстрированы всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач.

«не зачтено» - не предоставлен отчет о выполнении работы, при защите отчета не продемонстрированы знания учебной программы дисциплины.

Темы письменных работ

Письменные работы по курсу предусмотрены в виде курсовых работ.

1. Решение одной из прикладной математической задачи, например:

- множество Мандельброта и его аналоги;
- нестационарное уравнение Шредингера;
- числа Стирлинга;
- моделирование наноструктур;
- решение задач электростатики;
- решение задач магнитостатики;
- расчет собственных частот и гармоник электродинамических систем;
- моделирование взаимодействия электромагнитного поля с металлическим объектом.

2. Решение одной из прикладных задач математической физики, например:

- решение краевой задачи для уравнения параболического типа с граничными условиями 1, 2 и 3-го рода;
- решение краевой задачи для уравнения гиперболического типа;

3. Поиск циклов в графе.

4. Раскраска графа.

5. Игра "Жизнь".

6. Игра «Тренировка в футбол».

7. Игра «Семейный автомобиль».

8. Игра «Аэропорт».

9. Игра «Воробьи».

10.Обедающие философы.

11. Читатели и писатели.

12. Алгоритмы Data Mining:

- кластеризации K-Means;
- кластеризации, основанные на мере близости;
- Apriori;
- Cart.

13. Нахождение определителя матрицы.

14. Нахождение обратной матрицы.

15. Алгоритмы численного дифференцирования.

16. Вычисление интеграла методом Монте-Карло.

17. Вычисление n-мерного интеграла от функции (задается функция) методом Монте-Карло.

18. Итерационный алгоритм численного интегрирования.

19. Рекурсивный алгоритм численного интегрирования.

20. Решение дифференциальных уравнений.

21. Сортировки на системах с общей памятью.

22. Генерация случайных процессов с памятью с заданным распределением.

23. Изучение спектров случайных процессов.

24. Распознавание образов (на конкретном примере).

25. Решение СЛАУ прямым методом Гаусса (или любым другим).

26. Решение СЛАУ итерационными методами Гаусса – Зейделя (или любым другим).

27. Решение СЛАУ итерационными методами вариационного типа.

28. Определение собственных чисел и собственных векторов.

29. Поиск ключа узла дерева

30. Поиск максимального элемента дерева

31. Поиск суммы всех элементов дерева

32. Поиск количества узлов дерева

33. Перемножение матриц.

34. Скалярное произведение векторов.

35. Умножение матрицы на вектор.

36. Сложение векторов.

7.3.Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к аттестации

Семестр 7

Вопросы к экзамену

1. Классификация уравнений в частных производных
2. Постановка задач для уравнений параболического типа
3. Постановка задач для уравнений гиперболического типа
4. Постановка задач для уравнений эллиптического типа
5. Разностная аппроксимация дифференциальных уравнений. Основные определения
6. Решение начально-краевой задачи для уравнения параболического типа с условиями 2-го рода на границах. Одномерный случай.
7. Решение начально-краевой задачи для уравнения параболического типа с условиями 3-го рода на границах. Одномерный случай.
8. Метод прогонки решения систем с трехдиагональной матрицей
9. Особенности аппроксимации граничных условий для уравнений параболического типа
10. Метод фиктивной точки
11. Аппроксимация методом фиктивной точки граничного условия третьего рода
12. Аппроксимация методом фиктивной точки граничного условия второго рода
13. Аппроксимация условий сопряжения
14. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений гиперболического типа
15. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений эллиптического типа
16. Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией.
Аппроксимация и порядок аппроксимации
17. Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией. Устойчивость
18. Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией. Сходимость и порядок сходимости
19. Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией.
Консервативность и корректность.
20. Теорема эквивалентности о связи аппроксимация и устойчивости со сходимостью
21. Неявно-явная конечно-разностная схема Кранко – Никольсона
22. Метод установления и его обоснование
23. Основные определения и конечно-разностная схема для уравнения параболического типа
24. Конечно-разностная аппроксимация задачи для уравнения гиперболического типа
25. Дифференциальные операторы основных уравнений матфизики.
26. Конечно - разностные операторы основных уравнений матфизики.
27. Анализ порядка аппроксимации разностных схем.
28. Основные определения разностного совместного метода Эйлера-Лагранжа (СЭЛ).
29. Уравнение состояния пороховых газов
30. Геометрический закон газообразования
31. Геометрические характеристики. Трубчатый состав.
32. Геометрические характеристики. Квадратная пластинка.
33. Геометрические характеристики. Цилиндрическое зерно с семью каналами.
34. Уравнение движения снаряда.
35. Уравнение Резаля.
36. Полная система уравнений внутренней баллистики в осредненных параметрах.

37. Полная система уравнений внутренней баллистики для модели газопороховой смеси.
38. Развитие теории движения многофазных гетерогенных сред. Основные допущения модели внутрикамерных процессов
39. Полная система уравнений внутренней баллистики для модели гетерогенной среды.
40. Вывод уравнения сохранения массы для газовой фазы гетерогенной среды.
41. Вывод интегрального уравнения сохранения массы для твердой фазы гетерогенной среды.
42. Вывод интегрального уравнения сохранения импульса для газовой фазы гетерогенной среды
43. Вывод интегрального уравнения сохранения импульса для твердой фазы гетерогенной среды
44. Вывод интегрального уравнения сохранения энергии для гетерогенной среды.
45. Вывод дифференциального уравнения сохранения массы для газовой фазы гетерогенной среды.
46. Вывод дифференциального уравнения сохранения массы для твердой фазы гетерогенной среды.
47. Вывод дифференциального уравнения сохранения импульса для твердой фазы гетерогенной среды.
48. Вывод дифференциального уравнения сохранения импульса для газовой фазы гетерогенной среды.
49. Вывод дифференциального уравнения сохранения энергии для гетерогенной среды.
50. Конкретизация функции газоприхода в единице объема.
51. Гидравлическое сопротивление записанное из представления обтекания совокупности элементов
52. Формула для псевдовязкости согласно Нейману-Рихтмайеру
53. Общая запись перевода значения газодинамического параметра в разностную величину в методе СЭЛ.
54. Расчет давления с учетом вязкости в методе СЭЛ
55. Вид уравнения сохранения массы газовой фазы в разностном виде по методу СЭЛ
56. Формула скорости газовой фазы в разностном виде по методу СЭЛ
57. Вид уравнения сохранения массы твердой фазы в разностном виде по методу СЭЛ
58. Формула скорости твердой фазы в разностном виде по методу СЭЛ
59. Формула горения твердой фазы в разностном виде по методу СЭЛ
60. Формула расчета давления в разностном виде по методу СЭЛ

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	Экзамен (устно)	«отлично»	ставится студенту на экзамене, если он исчерпывающе и грамотно дал ответы на вопросы экзаменационного билета по дисциплине или при ответе допустил небольшую неточность на 1 вопрос, но при этом смог грамотно ответить на дополнительные вопросы
		«хорошо»	ставится студенту на экзамене, если он исчерпывающе и грамотно дал ответ на 1 вопрос экзаменационного билета, а на другой только тезисные высказывания или

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			допустил небольшие неточности при ответе на вопросы экзаменационного билета и дал краткие ответы на дополнительные вопросы
		«удовлетворительно»	ставится студенту на экзамене, если он не смог дать ответ на один из вопросов экзаменационного билета или ответил на все вопросы, но при этом ответы содержали только тезисные высказывания
		«неудовлетворительно»	ставится студенту на экзамене, если он не дал ответ на вопросы экзаменационного билета или в ответе содержались фундаментальные ошибки

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	В.Ф. Формалеев, Д.Л. Ревизников	Численные методы	Учебное пособие	2006	ЭБС «IPRbooks»
2	И.Г.Русяк, В.М.Ушаков	Внутрикамерные гетерогенные процессы в ствольных системах	Учебное пособие	2001	ЭБС «IPRbooks»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	С.В.Поршнев	Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab	Учебное пособие для слушателей eMBI	2003	ЭБС «IPRbooks»
2	С.К. Годунов, В.С.Рябенский	Разностные схемы (введение в теорию)	Учебное пособие	1977	3

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows XP	Бессрочные
2	Microsoft office 13	№61935138 от 28.05.2012 (бессрочный)

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс УЛК-314	Стол ученический-26 шт., стол преподавательский-1 шт., стулья-28 шт., доска аудиторная (меловая)-1шт., компьютер с выходом в сеть интернет- 17 шт.
2	Класс для самостоятельной работы Г-401	Стол ученический-26 шт., стул-26 шт., компьютер с выходом в сеть интернет- 16 шт.