

# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



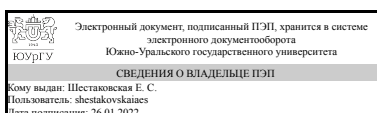
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М3.08.02 Математическое моделирование многокомпонентных газовых смесей**  
**для направления 03.04.01 Прикладные математика и физика**  
**уровень Магистратура**  
**магистерская программа Физическая и химическая механика сплошных сред**  
**форма обучения очная**  
**кафедра-разработчик Вычислительная механика**

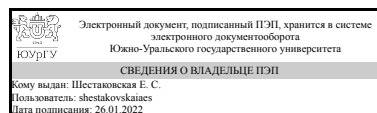
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 898

Зав.кафедрой разработчика,  
к.физ.-мат.н., доц.



Е. С. Шестаковская

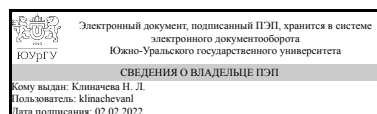
Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



Е. С. Шестаковская

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
к.физ.-мат.н., доц.



Н. Л. Клиначева

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью данной дисциплины является изучение основ механики многокомпонентных и многофазных сред и методов математического моделирования быстропротекающих процессов в многокомпонентных средах. Задачами дисциплины являются ознакомление с моделями многокомпонентных сред, численными методами и получение навыков в решении конкретных задач механики многокомпонентных сред

## Краткое содержание дисциплины

Законы сохранения для многокомпонентной среды. Основные соотношения. Математическое моделирование задач механики газовых смесей.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов механики сплошных сред	Знает: математические модели многокомпонентных газовых смесей; численные методы механики сплошных сред Умеет: применять изученные математические модели для описания многокомпонентных газовых смесей Имеет практический опыт: компьютерного моделирования задач механики многокомпонентных газовых смесей

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Теория горения, Модели уравнений состояния конденсированных сред, Физика взрыва и удара

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего	Распределение по семестрам
--------------------	-------	----------------------------

	часов	в часах	
		Номер семестра	
		1	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	48	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к экзамену	18	18	
Подготовка к практическим работам	51,5	51,5	
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Законы сохранения для многокомпонентной среды. Основные соотношения.	20	12	8	0
2	Математическое моделирование задач механики газовых смесей	44	4	40	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Классификация многофазных (гетерогенных, неоднородных) сред. Основные принципы построения математических моделей. Гипотезы теории многофазного континуума. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики сплошной среды.	2
2	1	Диффузионное приближение для гомогенных смесей. Особенности математического описания гетерогенных смесей. Уравнения сохранения массы для составляющих и смеси в целом. Интенсивность фазового перехода.	2
3	1	Уравнение импульса. Межфазные силы. Уравнение (движения) импульса. Уравнение импульса. Интенсивность обмена импульсами. Сила межфазного взаимодействия. Функция давления в двухфазной среде. Условия совместного деформирования.	2
4	1	Уравнение энергии. Межфазный теплообмен. Условие локального термодинамического равновесия. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе).	2
5	1	Замыкающие соотношения. Уравнения состояния. Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз.	2
6	1	Уравнение диффузии. Гомогенное приближение. Тепло- и массообмен. Уравнения диффузии в двухкомпонентной газовой и однокомпонентной конденсированной фазах.	2

7	2	Метод Куропатенко для описания ударно-волновых процессов в лагранжевых координатах	2
8	2	Метод крупных частиц для описания ударно-волновых процессов в эйлеровых координатах	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	1	Построение математической модели многокомпонентной газовой смеси в лагранжевых координатах	4
3-4	1	Построение математической модели многокомпонентной газовой смеси в эйлеровых координатах	4
5-7	2	Рассчитать распространение волны разрежения в смеси двух газов методом Куропатенко	6
8-10	2	Рассчитать распространение волны разрежения в смеси двух газов методом Куропатенко	6
11-13	2	Рассчитать распространение волны разрежения в смеси двух газов методом крупных частиц	6
14-16	2	Рассчитать распространение волны разрежения в смеси двух газов методом крупных частиц	6
17-18	2	Рассчитать распространение стационарной ударной волны в смеси двух газов методом Куропатенко	4
19-20	2	Рассчитать распространение стационарной ударной волны в смеси двух газов методом Куропатенко	4
21-22	2	Рассчитать распространение стационарной ударной волны в смеси двух газов методом крупных частиц	4
23-24	2	Рассчитать распространение стационарной ударной волны в смеси двух газов методом крупных частиц	4

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	ПУМД осн.лит. 1 гл.1 стр. 18-127; ПУМД осн.лит. 2 гл.1,2,3; ПУМД осн.лит. 3 гл. 4 стр. 127-145; ПУМД доп.лит.1. ЭУМД осн.лит.2. гл. 1,2,6-9; ЭУМД доп.лит. 1 гл.3 стр.133-180.	1	18
Подготовка к практическим работам	ПУМД осн.лит. 1 гл.1 стр. 18-127; ПУМД осн.лит. 2 гл.1,2,3; ПУМД осн.лит. 3 гл. 4 стр. 127-145; ПУМД доп.лит.1. ЭУМД осн.лит.2. гл. 1,2,6-9; ЭУМД доп.лит. 1 гл.3 стр.133-180.	1	51,5

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	1	Текущий контроль	Практическая работа №1	1	5	работа выполнена верно - 5 баллов; работа выполнена верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат - 4 балла; в работе допущены 1-2 ошибки - 3 балла; в работе допущено 3 ошибки - 2 балла; в работе допущено более трёх ошибок - 1 балл; работа не представлена - 0 баллов	экзамен
2	1	Текущий контроль	Практическая работа №2	1	5	работа выполнена верно - 5 баллов; работа выполнена верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат - 4 балла; в работе допущены 1-2 ошибки - 3 балла; в работе допущено 3 ошибки - 2 балла; в работе допущено более трёх ошибок - 1 балл; работа не представлена - 0 баллов	экзамен
3	1	Текущий контроль	практическая работа №3	1	5	Показатели оценивания: 1. Оценка программы: 2 балла – разработанная программа выполнена без погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент без затруднений смог пояснить программный код; 1 балл – разработанная программа выполнена без существенных погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент испытывал затруднения, поясняя программный код; 0 баллов- разработанная программа не работает или неправильно решает поставленную задачу или студент самостоятельно разработал программу и неспособен пояснить программный код. 2. Качество и защита отчета: 3 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы; 2 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные	экзамен

						<p>выводы, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы: 1 балл - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на допустимом уровне, отсутствуют ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных выводов, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы; 0 баллов - Работа выполнена полностью. Студент не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке выводов, неспособен ответить на дополнительные вопросы.</p>	
4	1	Текущий контроль	Практическая работа №4	1	5	<p>Показатели оценивания:  1. Оценка программы: 2 балла – разработанная программа выполнена без погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент без затруднений смог пояснить программный код; 1 балл – разработанная программа выполнена без существенных погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент испытывал затруднения, поясняя программный код; 0 баллов- разработанная программа не работает или неправильно решает поставленную задачу или студент самостоятельно разработал программу и неспособен пояснить программный код.  2. Качество и защита отчета: 3 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы; 2 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы: 1 балл - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на допустимом уровне, отсутствуют ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных выводов, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы; 0 баллов - Работа выполнена полностью.</p>	экзамен

						Студент не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке выводов, неспособен ответить на дополнительные вопросы.	
5	1	Текущий контроль	Практическая работа №5	1	5	<p>Показатели оценивания:</p> <p>1. Оценка программы: 2 балла – разработанная программа выполнена без погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент без затруднений смог пояснить программный код; 1 балл – разработанная программа выполнена без существенных погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент испытывал затруднения, поясняя программный код; 0 баллов- разработанная программа не работает или неправильно решает поставленную задачу или студент самостоятельно разработал программу и неспособен пояснить программный код.</p> <p>2. Качество и защита отчета: 3 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы; 2 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы; 1 балл - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на допустимом уровне, отсутствуют ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных выводов, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы; 0 баллов - Работа выполнена полностью. Студент не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке выводов, неспособен ответить на дополнительные вопросы.</p>	экзамен
6	1	Текущий контроль	Практическая работа №6	1	5	<p>Показатели оценивания:</p> <p>1. Оценка программы: 2 балла – разработанная программа выполнена без погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент без затруднений смог пояснить программный</p>	экзамен

					<p>код; 1 балл – разработанная программа выполнена без существенных погрешностей и замечаний, правильно решает поставленную задачу, студент испытывал затруднения, поясняя программный код; 0 баллов- разработанная программа не работает или неправильно решает поставленную задачу или студент самостоятельно разработал программу и неспособен пояснить программный код.</p> <p>2. Качество и защита отчета: 3 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы; 2 балла - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные обоснованные выводы, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы: 1 балл - Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на допустимом уровне, отсутствуют ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных выводов, допуская незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы; 0 баллов - Работа выполнена полностью. Студент не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке выводов, неспособен ответить на дополнительные вопросы.</p>		
7	1	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	10	<p>Билет содержит два теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: 5 баллов - студент безошибочно ответил на все вопросы, демонстрирует системные и достаточно глубокие знания, владеет необходимой терминологией ; 4 балла - студент в полном объеме ответил на все вопросы, допущены незначительные неточности; 3 балла - студент дал неполные ответы на вопросы, но в ходе собеседования ответил на дополнительные вопросы по билету ; 2 балла - студент дал неполные ответы на вопросы, в ходе собеседования не ответил на дополнительные вопросы по билету; 1 балл - в ответах студент допустил ошибки и не смог их исправить в ходе</p>	экзамен



					собеседования.; 0 баллов - ответ отсутствует.	
--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине проводится на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Прохождение всех контрольно-рейтинговых мероприятий текущего контроля обязательно. Если рейтинг студента по текущему контролю менее 60% или студент желает повысить оценку, тогда он проходит мероприятие промежуточной аттестации. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время экзамена в виде устного опроса. Студенту выдается билет, содержащий 2 вопроса из разных тем курса. Студенту дается 40 минут на подготовку ответов. Затем студент озвучивает свои ответы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ KM						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-1	Знает: математические модели многокомпонентных газовых смесей; численные методы механики сплошных сред	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: применять изученные математические модели для описания многокомпонентных газовых смесей	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: компьютерного моделирования задач механики многокомпонентных газовых смесей			+	+	+	+	

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Нигматулин, Р. И. Динамика многофазных сред Ч. 1 В 2 ч. - М.: Наука, 1987. - 464 с. ил.
2. Белоцерковский, О. М. Метод крупных частиц в газовой динамике: Вычисл. эксперимент. - М.: Наука, 1982. - 391 с. Ил.
3. Куропатенко, В. Ф. Основы численных методов механики сплошной среды [Текст] монография В. Ф. Куропатенко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2017. - 253, [1] с. граф.

#### б) дополнительная литература:

1. Ковалев, Ю. М. Введение в математические модели механики сплошных сред [Текст : непосредственный] учеб. пособие по направлению "Механика и мат. моделирование" и др. Ю. М. Ковалев, В. Ф. Куропатенко ;

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:  
Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Андреев, В. К. Математические модели механики сплошных сред : учебное пособие / В. К. Андреев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1998-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168854">https://e.lanbook.com/book/168854</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Темам, Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред : учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль ; перевод с английского И. О. Арушаняна. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 323 с. — ISBN 978-5-93208-542-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/166739">https://e.lanbook.com/book/166739</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
3. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	707 (1)	компьютеры, пакет MATLAB

Лекции	708a (1)	мультимедийное оборудование
--------	-------------	-----------------------------