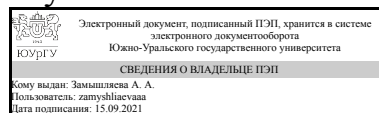


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



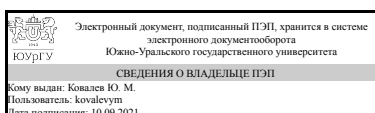
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины П.1.В.07.01 Численные методы механики сплошной среды  
для направления 01.06.01 Математика и механика  
уровень аспирант тип программы  
направленность программы  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Вычислительная механика

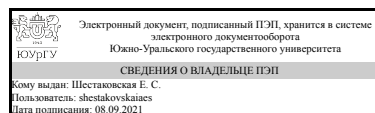
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 29.07.2014 № 866

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., проф.



Ю. М. Ковалев

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



Е. С. Шестаковская

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - изучение способов построения разностных уравнений механики сплошной среды, численных методов и методов исследований аппроксимации, устойчивости, монотонности, дистракции. Конкретные задачи сводятся к следующему: - изучить основные понятия и определения, используемые в дисциплине; - изучить свойства разностных схем и методы их исследования; - дать аспирантам необходимые знания, умения и навыки применения численных методов в механике сплошной среды.

## Краткое содержание дисциплины

Общие вопросы построения математической модели. Разностные законы сохранения. Методы расчета ударных волн. Некоторые реализации методов расчета ударных волн. Метод характеристик. Разностные схемы в двумерных задачах. Эталонные задачи.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-7.1 способностью использовать современные аналитические и численные методы решения задач, связанных с описанием физико-химических процессов в многокомпонентных многофазных средах	Знать: свойства разностных схем, методы их исследования, условия их применимости; численные методы механики сплошной среды; способы построения математические модели механики сплошной среды.
	Уметь: проводить расчеты течений жидкости и газа, учитывающие характерные особенности течений; анализировать результаты расчетных исследований течений жидкости и газов, делать обоснованные выводы на основе такого анализа; применять полученные знания к решению практических задач.
	Владеть: навыками математического моделирования течений жидкости и газа; приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей дисциплины, помогающими в дальнейшем решать научно-исследовательские задачи.
ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать: принципы построения научного исследования в соответствующей области наук.
	Уметь: обосновать актуальность, новизну, теоретическую и практическую значимость собственного исследования, определять методологию исследования, уметь делать выводы из проведенного исследования и определять перспективы дальнейшей работы, уметь анализировать собранный эмпирический материал и делать достоверные выводы.
	Владеть: навыками самостоятельного обучения и разработки новых методов исследования в области профессиональной деятельности.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
П.1.В.06.02 Математическое моделирование быстропротекающих процессов в многокомпонентных средах	Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (8 семестр), Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (7 семестр), Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (6 семестр)

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

Дисциплина	Требования
П.1.В.06.02 Математическое моделирование быстропротекающих процессов в многокомпонентных средах	Знать основные понятия и математические модели механики сплошной среды. Уметь сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках механики сплошной среды. Владеть математическим аппаратом механики сплошной среды.

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	38	38	
Лекции (Л)	38	38	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	70	70	
Подготовка к экзамену	27	27	
Выполнение индивидуальных заданий	43	43	
Вид итогового 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	Общие вопросы построения математической модели	8	8	0	0
2	Разностные законы сохранения	4	4	0	0
3	Методы расчета ударных волн	10	10	0	0
4	Некоторые реализации методов расчета ударных волн	4	4	0	0
5	Метод характеристик	4	4	0	0
6	Разностные схемы для двумерных задач	4	4	0	0
7	Эталонные задачи	4	4	0	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1-2	1	Способ получения разностных уравнений. Аппроксимация. Постановка разностных краевых задач. Несколько разностных схем для уравнения переноса. Погрешности. Устойчивость решения разностного уравнения. Явное разностное уравнение переноса. Неявное разностное уравнение переноса. Прогонка. Метод типа предиктор-корректор для уравнения переноса.	4
3-4	1	Уравнение теплопроводности. Явное разностное уравнение теплопроводности. Неявная разностная схема для уравнения теплопроводности. Метод прогонки. Нелинейное уравнение теплопроводности.	4
5-6	2	Разностные схемы в дифференциальном представлении. Критерий диссипативности. Дивергентность. Классы решений. Вспомогательные величины для непрерывных решений. Метод исследования дистракции разрывов. Метод исследования немонотонности.	4
7-9	3	Механизмы диссипации энергии. Метод Неймана – Рихтмайера. Метод Лакса. Метод Годунова.	6
10-11	3	Метод Куропатенко. Идея метода. Недивергентная разностная схема. Дивергентная разностная схема. Сравнительные характеристики методов расчета ударных волн.	4
12-13	4	Разностная схема Лакса-Вендрофа. Разностная схема «предиктор-корректор». Разностная схема Мак-Кормака. TVD-разностные схемы и принудительная монотонизация осциллирующих решений. Разностные схемы в Эйлеровых координатах.	4
14-15	5	История метода характеристик. Метод характеристик. Основные уравнения. Расчет величин в точке пересечения характеристик. Расчет сильного разрыва. Расчет контактного разрыва. Метод характеристик с фиксированными шагами по времени.	4
16-17	6	Дифференциальные уравнения. Сетки в двумерных задачах. Сеточный шаблон. Определение площади ячейки. Определение вспомогательных величин. Метод частиц. Метод расщепления по направлениям.	4
18-19	7	Стационарная ударная волна в газе. Стационарная ударная волна в конденсированном веществе. Волна разрежения в газе. Волна разрежения в конденсированном веществе. Взаимодействие ударной волны с контактной границей. Сильный взрыв. Фокусировка сферической оболочки. Ударная волна в холодном газовом шаре.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
подготовка к экзамену	ПУМД осн.лит.1, ПУМД осн.лит.2, ПУМД осн.лит.4	27
Выполнение индивидуальных заданий	ПУМД осн.лит.3, ПУМД доп.лит.1, ЭУМД осн.лит.1, ЭУМД доп.лит.2, ПУМД осн.лит.4	43

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Мультимедийные презентации	Лекции	Весь лекционный материал представлен в виде презентаций	38

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	отчет	№6-10, 16-20
Все разделы	ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с	экзамен	Вопросы к экзамену

	использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		
Все разделы	ПК-7.1 способностью использовать современные аналитические и численные методы решения задач, связанных с описанием физико-химических процессов в многокомпонентных многофазных средах	отчет	№6-10, 16-20
Все разделы	ПК-7.1 способностью использовать современные аналитические и численные методы решения задач, связанных с описанием физико-химических процессов в многокомпонентных многофазных средах	экзамен	Вопросы к экзамену

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
отчет	<p>В течение семестра аспирант должен выполнить 4 индивидуальные работы. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов, работоспособность программы.</p> <p>Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Работа оценивается по балльно-рейтинговой системе (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 №179). Критерии начисления баллов: 3 балла - задание выполнено верно, представлен полный отчет; 2 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты в отчете, не влияющие на конечный результат; 1 балл - задание выполнено верно, но не предоставлен отчет; 0 баллов - задание не выполнено. Максимальное количество баллов -3. Весовой коэффициент - 1.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60%</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60%</p>
экзамен	<p>На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Мероприятие промежуточной аттестации - экзаменационная работа проводится в устной форме и является обязательным.</p> <p>Каждому студенту выдается билет, содержащий 2 теоретических вопроса. На подготовку отводится 1 час.</p> <p>После ответа студента преподаватель может задать дополнительные вопросы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 №170). Допускается определять рейтинг обучающегося по дисциплине только по результатам текущего контроля Ртек. Студент вправе прийти на экзамен для улучшения своего рейтинга и получить оценку с учетом текущего рейтинга и баллов за промежуточное испытание. Рейтинг по дисциплине <math>R_d</math> рассчитывается по текущему рейтингу <math>R_{тек}</math> и рейтингу промежуточной аттестации <math>R_{па}</math> по следующей формуле <math>R_d = 0.6R_{тек} + 0.4R_{па}</math>. Критерии начисления баллов за 1 теоретический вопрос : 5 баллов - дан полный ответ на вопрос, студент владеет основными понятиями дисциплины; 4 балла - дан полный ответ на вопрос, но имеются недочёты, студент отвечает на</p>	<p>Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85-100%</p> <p>Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75-84%</p> <p>Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60-74%</p> <p>Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0-59%</p>

	дополнительные вопросы по билету; 3 балла - дан неполный ответ, но смог ответить на дополнительный вопрос; 2 балла - дан неполный ответ, при ответе студент путается в определениях; 1 балл - дан краткий ответ на вопрос, на дополнительные вопросы студент не ответил; 0 баллов - ответ на вопрос отсутствует. Максимальное количество баллов за вопрос - 5. Максимальное количество баллов за мероприятие - 10.	
--	--	--

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
отчет	Сборник задач по ЧММ.pdf
экзамен	Вопросы по ЧММЖГ 010205.docx

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Самарский, А. А. Разностные методы решения задач газовой динамики Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика". - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Наука, 1980. - 352 с. ил.
2. Самарский, А. А. Введение в теорию разностных схем Текст А. А. Самарский. - М.: Наука, 1971. - 552 с. черт.
3. Рихтмайер, Р. Д. Разностные методы решения краевых задач Р. Д. Рихтмайер, К. Мортон; Пер. с 2-го англ. изд. Б. М. Будака и др.; Под ред. Б. М. Будака, А. Д. Горбунова. - М.: Мир, 1972. - 418 с. ил.
4. 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. Зализняк, В. Е. Основы вычислительной физики Ч. 1 Введение в конечно-разностные методы В. Е. Зализняк; Науч.-исслед. физ.-техн. ин-т, Краснояр. гос. ун-т; Науч.-исслед. физ.-техн. ин-т; Краснояр. гос. ун-т. - М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. - 251 с. ил.

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

1. Вестник ЮУрГУ, Серия Математическое моделирование и программирование.
2. Вестник ЮУрГУ, Серия Математика, механика, физика.

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. методические рекомендации по выполнению СРС

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

## 2. методические рекомендации по выполнению СРС

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Темам, Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред. [Электронный ресурс] / Р. Темам, А. Миранвиль. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2014. — 319 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/50538">http://e.lanbook.com/book/50538</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. [Электронный ресурс] / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 468 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/59637">http://e.lanbook.com/book/59637</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Методические пособия для самостоятельной работы студента	методические рекомендации по выполнению СРС	Учебно-методические материалы кафедры	Локальная Сеть / Авторизованный

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	708а (1)	компьютер, проектор, экран