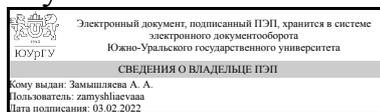


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



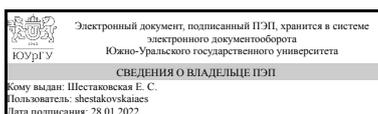
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М3.04 Методы экспериментальной физики  
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

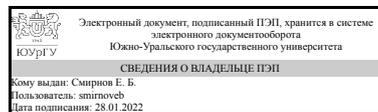
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 898

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



Е. С. Шестаковская

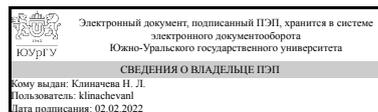
Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



Е. Б. Смирнов

СОГЛАСОВАНО

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



Н. Л. Клиначева

## 1. Цели и задачи дисциплины

Основная задача курса – раскрытие и выработка практических навыков в постановке эксперимента для решения практических и теоретических задач, связанных с явлением детонации и закономерностями распространения ударных и детонационных волн; усвоение основных законов физики ударных волн, формирование практических умений планировать и проводить эксперименты по определению параметров ударных и детонационных волн, овладение способами описания и трактовки полученных экспериментальных данных.

## Краткое содержание дисциплины

Введение в методы экспериментальной физики. Основные свойства измерительно-регистрирующих систем. Исследование импульсных процессов. Фотографические методы исследования и скоростная фоторегистрация. Методы Фурье-оптики и Фурье-спектроскопии. Интерферометрия и теневые методы. Голографические методы измерения. Распространение электромагнитных волн в конденсированных средах, газах и плазме. Рефракция света на градиентах показателя преломления, метод Теплера. Воздействие и отклик в линейных системах. Аппаратная функция и связь входного и выходного сигналов.

## 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: определяющие уравнения конденсированных сред; методы и устройства создания высокопараметрических нагрузок; методы исследования и регистрации быстропротекающих нестационарных процессов; методы синхронизации процессов нагружения и регистрации; особенности постановки газодинамического эксперимента; особенности испытания газодинамических устройств Умеет: обрабатывать и анализировать результаты экспериментов; решать задачи по курсу дисциплины, используя полученные знания
ПК-3 Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования	Умеет: применять методы получения, обработки, анализа и представления экспериментальных данных

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Газовая динамика, Модели уравнений состояния конденсированных сред,	Производственная практика, преддипломная практика: проектное обучение (4 семестр)

Тепломассообмен, Производственная практика, научно-исследовательская работа: проектное обучение (2 семестр)	
--	--

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

Дисциплина	Требования
Тепломассообмен	Знает: основные понятия и законы процессов тепломассообмена Умеет: Имеет практический опыт: решения задач тепломассообмена
Газовая динамика	Знает: основные понятия и законы газовой динамики Умеет: применять математические модели для описания движения газов Имеет практический опыт: решения задач стационарной и нестационарной газовой динамики
Модели уравнений состояния конденсированных сред	Знает: теоретические методы расчёта термодинамических свойств веществ при высоких давлениях и температурах Умеет: строить полуэмпирические модели уравнений состояния вещества Имеет практический опыт: оценки термодинамических свойств вещества для анализа процессов в экстремальных состояниях; обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими данными
Производственная практика, научно-исследовательская работа: проектное обучение (2 семестр)	Знает: актуальные задачи и проблемы рассматриваемой научной области Умеет: использовать современные технологии и программные продукты в исследовательской деятельности, решать научно-исследовательские задачи с использованием современных методов Имеет практический опыт:

#### 4. Объём и виды учебной работы

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

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	48	48
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16

Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	69,5	69,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к докладу	20	20
Подготовка к практическим занятиям	15	15
Подготовка к тесту	10	10
Подготовка к экзамену	24,5	24,5
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	Введение	1	1	0	0
2	Определяющие уравнения конденсированных сред	10	6	4	0
3	Управление процессами высокопараметрического нагружения	12	8	4	0
4	Методы и устройства создания высокопараметрических нагрузок	7	6	1	0
5	Методы исследования и регистрации быстропротекающих нестационарных процессов	9	3	6	0
6	Методы оптической регистрации	6	6	0	0
7	Рентгенографические методы регистрации	2	2	0	0
8	Электрические методы регистрации	4	4	0	0
9	Интерферометрические методы регистрации	5	4	1	0
10	Синхронизация процессов нагружения и регистрации	4	4	0	0
11	Планирование и обработка результатов экспериментов	4	4	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Предмет исследования экспериментальной газодинамики. Исследование фундаментальных свойств физических сред. Ударные волны. Распространение ударных волн.	1
1	2	Элементы термодинамики. Термодинамические потенциалы.	1
2-3	2	Производные термодинамических величин и соотношения между ними. Уравнения состояния продуктов детонации. Уравнения состояния конденсированных сред.	4
4	2	Уравнения состояния конденсированных сред.	1
4	3	Физические явления, сопровождающие высокопараметрическое нагружение. Сжатие. Разогрев. Плавление. Разгрузка. Откол. Испарение. Ионизация. Диссоциация.	1
5-7	3	Электрические явления, электромагнитное излучение, пьезоэлектрические эффекты, проводимость среды, изменение диэлектрической проницаемости. Энерговыделение. Характер возникающего течения. Плоское течение. Расходящееся течение. Сходящееся течение. Объемное нагружение. Степень	6

		нестационарности течения. Изменения структуры течения, вызванные фазовыми переходами. Боковые и тыльные волны разрежения. Искажение конфигурации фронта, вызванное волнами разрежения.	
8	3	Боковые и тыльные волны разрежения. Искажение конфигурации фронта, вызванное волнами разрежения.	1
8	4	Общая характеристика методов. Баллистические ускорители.	1
9-10	4	Импульсные лазеры большой мощности. Высокоэнергетические импульсные ускорители электронов и ионов. Общая характеристика методов. Баллистические ускорители. Пороховая пушка. Легкогазовая пушка. Электромагнитная пушка. Взрывные ускорители. Метание пластины продуктами взрыва. Заряд с воздушной выемкой. Кумулятивная пушка. Электровзрыв проводника. Взрыв заряда ВВ. Падающая детонационная волна. Уходящая детонационная волна. Скользящая детонационная волна.	4
11	4	Недосжатая детонационная волна. Сходящаяся детонационная волна.	1
11	5	Исследуемая среда и преобразователь. Классификация преобразователей.	1
12	5	Расположение преобразователя. Общая характеристика методов регистрации быстропротекающих нестационарных процессов.	2
13-15	6	Особенности оптической регистрации ударных волн в прозрачных средах. Теневая регистрация в воздухе. Оптические методы измерения газодинамических параметров и физических свойств конденсированных веществ при динамических нагрузках. Метод отражения света. Откольный метод. Метод клина. Метод наклонного зеркала. Метод светящихся зазоров. Метод кривой ударной волны. Метод оптического рычага. Метод оптического плеча. Оптические методы определения параметров детонационных волн и динамики перехода инициирующей ударной волны в детонационную. Оптические методы определения параметров волн разрежения. Метод определения скорости боковой волны разрежения. Метод определения скорости волны разрежения в сжатых жидких ВВ. Метод догоняющей разгрузки. Оптический метод определения показателя политропы (метод двух щелей). Оптические методы исследования ударно сжатых конденсированных ВВ, структуры и гладкости ударных фронтов. Фотоэлектронный метод регистрации.	6
16	7	Рентгенографический принцип регистрации быстропротекающих процессов. Фотографическая регистрация в рентгеновских лучах. Кинорентген. Регистрация профилей плотности.	2
17-18	8	Дискретные методы. Электроконтактный метод регистрации быстропротекающих процессов. Методы регистрации профилей давления. Манганиновые пьезорезисторы. Кварцевые датчики давления. Диэлектрические сегнетоэлектрические датчики, пленочные датчики давления. Методы регистрации профилей скорости движения вещества. Емкостные датчики скорости. Индуктивный датчик скорости. Электромагнитный метод. Методы регистрации температуры	4
19-20	9	Интерференционный метод исследования параметров течения. Интерферометр Маха-Цендера. Лазер – доплеровские измерители параметров газодинамических процессов. Лазерная интерферометрия. Лазерный интерференционный метод определения скорости. Интерферометр Фабри-Перо. Радиоинтерферометрический метод регистрации	4
21-22	10	Система синхронизации в газодинамическом эксперименте. Элементы синхронизирующих устройств. Техническая реализация систем синхронизации процесса и регистрирующей аппаратуры. Синхронизация при измерениях манганиновыми датчиками. Синхронизация в электромагнитной методике непрерывного измерения массовых скоростей. Синхронизация при оптической регистрации быстропротекающих процессов. Синхросистема с обратной связью. Универсальная система синхронизации.	4

23-24	11	Элементы математической статистики. Обработка результатов наблюдений. Планирование эксперимента.	4
-------	----	--	---

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	2	Термодинамические потенциалы. Уравнения состояния конденсированных сред.	4
3-4	3	Одномерное изэнтропическое движение сжимаемой среды.	4
5	4	Тест по теме: «Определяющие уравнения и устройства создания высокопараметрических нагрузок».	1
5	5	Плоские ударные волны.	1
6-7	5	Плоские ударные волны. Детонационные волны.	4
8	5	Сферически симметричное движение.	1
8	9	Тест по теме «Методы регистрации».	1

## 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 докладу	ПУМД: осн. лит. 1,2,3. ПУМД: доп. лит. 1,2. ЭУМД: осн. лит. 1; доп. лит.2.	3	20
Подготовка к практическим занятиям	ПУМД: осн. лит. 1,2,3. ПУМД: доп. лит. 1,2. ЭУМД: осн. лит. 1; доп. лит.2.	3	15
Подготовка к тесту	ПУМД: осн. лит. 1,2,3. ПУМД: доп. лит. 1,2. ЭУМД: осн. лит. 1; доп. лит.2.	3	10
Подготовка к экзамену	ПУМД: осн. лит. 1,2,3. ПУМД: доп. лит. 1,2. ЭУМД: осн. лит. 1; доп. лит.2.	3	24,5

## 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	3	Текущий контроль	Доклад	1	5	5 баллов - студент умеет представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде	экзамен

						выступления; формировать систему рабочих гипотез; проводить оценку научной и практической значимости результатов научных исследований; владеет навыками ведения научной дискуссии. 4 балла - студент умеет представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде выступления; формировать систему рабочих гипотез; владеет навыками ведения научной дискуссии; есть недочеты в оформлении презентации к докладу; 3 балла - студент владеет навыками ведения научной дискуссии; есть недочеты в оформлении презентации к докладу; недостаточно структурированный материал доклада; 2 балла - слабые навыки публичных выступлений и ведения научной дискуссии; есть недочеты в оформлении презентации к докладу; неструктурированный материал доклада; 1 балл – есть неточности, неправильные формулировки, нарушения последовательности в изложении доклада, у студента слабые навыки публичных выступлений и ведения научной дискуссии. 0 баллов - непоследовательное, нелогичное изложение доклада, отсутствие ответов на поставленные вопросы или отсутствие участия в научной дискуссии.	
2	3	Текущий контроль	Тест	0,5	10	Тест состоит из 10 вопросов. Правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	экзамен
3	3	Текущий контроль	Практическая работа	0,5	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
4	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	10	Билет содержит два теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	экзамен

## 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	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-1	Знает: определяющие уравнения конденсированных сред; методы и устройства создания высокопараметрических нагрузок; методы исследования и регистрации быстропротекающих нестационарных процессов; методы синхронизации процессов нагружения и регистрации; особенности постановки газодинамического эксперимента; особенности испытания газодинамических устройств	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: обрабатывать и анализировать результаты экспериментов; решать задачи по курсу дисциплины, используя полученные знания	+		+	+
ПК-3	Умеет: применять методы получения, обработки, анализа и представления экспериментальных данных	+		+	+

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. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1985. - 247 с. граф.
2. Баум, Ф. А. Физика взрыва Ф. А. Баум и др. - М.: Физматгиз, 1959. - 800 с. ил.
3. Зажигаев, Л. С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента Л. С. Зажигаев, Кишьян А. А., Ю. И. Романиков. - М.: Атомиздат, 1978. - 231 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Метрология и радиоизмерения Учеб. для вузов по направлению "Радиотехника" В. И. Нефедов, А. С. Сигов, В. К. Битюков, В. И. Хахин; Под ред. В. И. Нефедова. - 2-е изд., перераб. - М.: Высшая школа, 2006. - 525 с.

2. Гудмен, Д. У. Введение в Фурье-оптику Текст Д. У. Гудмен ; пер. с англ. В. Ю. Галицкого, М. П. Головея ; под ред. Г. И. Косоурова. - М.: Мир, 1970. - 364 с. ил.

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

1. Физика горения и взрыва
2. Механика жидкости и газа

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Афонский, А.А. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. [Электронный ресурс] / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов. — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2009. — 248 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/13777">http://e.lanbook.com/book/13777</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Андреев, С.Г. Экспериментальные методы физики взрыва и удара. [Электронный ресурс] / С.Г. Андреев, М.М. Бойко, В.В. Селиванов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2013. — 752 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/59748">http://e.lanbook.com/book/59748</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. 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
Лекции	708а (1)	Компьютер, мультимедийное оборудование