

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Саровский физико-технический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.

 А.К. Чернышев

« 30 » июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Общие вопросы теории, эксперимента и численного моделирования поведения  
веществ при динамических нагрузках**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>15.04.03 Прикладная механика</u>
Наименование образовательной программы	<u>Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>магистр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ, доцент, д.т.н.

А.Л. Михайлов

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, доцент, д.т.н.

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, доцент, д.т.н.

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, доцент, д.т.н.

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, доцент, д.т.н.

А.Л. Михайлов

<b>Семестр</b>	<b>В форме практической подготовки</b>	<b>Трудоемкость, кред.</b>	<b>Общий объем курса, час.</b>	<b>Лекции, час.</b>	<b>Практич. занятия, час.</b>	<b>Лаборат. работы, час.</b>	<b>СРС, час.</b>	<b>КР/КП</b>	<b>Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/</b>	<b>Интерактивные часы</b>
<b>3</b>	16	4	144	16	16	-	76	-	Э	4
<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>76</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>4</b>

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Общие вопросы теории, эксперимента и численного моделирования поведения веществ при динамических нагрузках» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника магистр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач у потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Общие вопросы теории, эксперимента и численного моделирования поведения веществ при динамических нагрузках» является обеспечение фундаментальной подготовки, позволяющей будущим магистрам ориентироваться в научно-технической информации, использовать физические принципы и законы, а также результаты научных исследований в тех областях науки и производстве, в которых они будут трудиться.

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- ✓ выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ✓ применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности;
- ✓ выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области физики высоких плотностей энергии на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям;
- ✓ владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- ✓ использовать фундаментальные законы природы, законы естественно-научных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины являются:

- ✓ формирование у студентов основ научного мышления, в том числе: понимание границ применимости физических понятий и теорий; умение оценивать степень достоверности результатов теоретических и экспериментальных исследований; умение планировать физический и технический эксперимент и обрабатывать его результаты с использованием методов теории размерности, теории подобия и математической статистики;
- ✓ познакомить обучающихся с техникой современного физического эксперимента, а также использовать средства компьютерной техники при расчетах и обработке экспериментальных данных;
- ✓ показать возможности моделирования задач механики сплошных сред. Научить проводить самостоятельные расчёты высокоскоростного соударения и взрыва, познакомить с основными программными комплексами, используемыми в расчётах динамических процессов.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина «Общие вопросы теории, эксперимента и численного моделирования поведения веществ при динамических нагрузках» относится к вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки магистров по направлению 15.04.03 «Прикладная механика» по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: вычислительная механика, экспериментальная механика, взрывчатые вещества, физика взрыва и удара, основы физики прочности и механики разрушения, теория упругости, термодинамика, теоретическая механика и является завершающим итоговым курсом подготовки магистра для работы в ядерных центрах РФ.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и университетскому курсу математики. Необходимо уметь работать с компьютером, знать САД программы.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

#### Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<b>ОПК-3</b> Способен организовывать работу по совершенствованию, модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов	З-ОПК-3 Знать: методы организации труда и управления персоналом У-ОПК-3 Уметь: анализировать научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок В-ОПК-3 Владеть: разработкой элементов планов и методических программ проведения исследований и разработок
<b>ОПК-8</b> Способен осуществлять анализ проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения, подготавливать отзывы и заключения по их оценке	З-ОПК-8 Знать: методы определения патентной чистоты объекта техники У-ОПК-8 Уметь: обосновывать меры по обеспечению патентной чистоты объекта техники В-ОПК-8 Владеть: навыками оформления отзывов и заключений на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
<b>ОПК-9</b> Способен представлять результаты исследования в области машиностроения в виде научно-технических отчетов и публикаций	З-ОПК-9 Знать: методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации У-ОПК-9 Уметь: оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ В-ОПК-9 Владеть: навыками проведения анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений

#### Профессиональные компетенции (ПК)

в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: <b>научно-исследовательский, включающий расчетно-экспериментальную деятельность</b>			
подготовка и проведение расчетно-экспериментальных исследований в области прикладной механики	Физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений	<b>ПК-2</b> Способен к выполнению экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок.  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011.	З-ПК-2 Знать: методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации У-ПК-2 Уметь: оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-

	РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики.	Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	конструкторских работ. Уметь: применять методы проведения экспериментов В-ПК-2 Владеть: навыками составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов
--	---	--	--

**Тип задачи профессиональной деятельности: проектно-конструкторский**

проектирование машин и конструкций на основе математического и компьютерного моделирования с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, безопасности	Физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики.	<b>ПК-6</b> Способен разрабатывать конструкторскую документацию на агрегаты, узлы, системы, комплексы в составе подсистем изделий, стенды для отработки подсистем изделий  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «32.003. Специалист по проектированию и конструированию механических конструкций, узлов и агрегатов систем летательных аппаратов»	З-ПК-6 Знать: основы систем автоматизированного проектирования У-ПК-6 Уметь: применять инструментарий: - пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации; - пользоваться стандартными пакетами прикладных программ при проведении расчетных, конструкторских и проектировочных работ, графическом оформлении проекта В-ПК-6 Владеть: навыками конструкторского сопровождения стендовых, наземных и летных испытаний
--	--	---	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)	
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*		
			16	16	-	76			
<b>Семестр 3</b>									
<b>Раздел 1.</b>									
1.1.	Тема 1. Основные понятия термодинамики	1-2	2	2		12	УО	5	
1.2	Тема 2. Уравнения состояния	3-4	2	2		12	УО	5	
1.3	Тема 3. Динамическая прочность материалов	5-7	2	4		14	УО	5	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>8</b>						<b>ДЗ</b>	<b>10</b>
<b>Раздел 2.</b>									
2.1	Тема 1. Откольное разрушение	9-10	2	2		12	УО	5	
2.2	Тема 2. Устройства для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстро-протекающих процессов	11-12	4	2		12	УО	5	
2.3	Тема 3. Математическое моделирование свойств материалов	13-15	4	4		14	УО	5	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>16</b>						<b>ДЗ</b>	<b>10</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>Экзамен</b>	<b>36</b>	<b>45</b>
<b>Посещаемость</b>									<b>5</b>
<b>Итого:</b>			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>76</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>3 семестр</b>		
<b>Раздел 1.</b>		
1.1	Тема 1. Основные понятия термодинамики	Обзор основных понятий термодинамики
1.2	Тема 2. Уравнения состояния	Изучение уравнения состояния
1.3	Тема 3. Динамическая прочность материалов	Обзор динамической прочности материалов
<b>Раздел 2.</b>		
2.1	Тема 1. Откольное разрушение	Изучение откольного разрушения
2.2	Тема 2. Устройства для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстро-протекающих процессов	Обзор устройств для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстро-протекающих процессов
2.3	Тема 3. Математическое моделирование свойств материалов	Изучение математического моделирования свойств материалов

### Практические/семинарские занятия

№	Примерные темы практических/семинарских занятий
1.	Основные понятия термодинамики на практике
2.	Исследование уравнения состояния
3.	Динамическая прочность материалов на практике
4.	Откольное разрушение на практике
5.	Исследование устройств для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстро-протекающих процессов
6.	Математическое моделирование свойств материалов на практике

## 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Глушак Б.Л. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров 194РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008
2. Глушак Б.Л. Начала физики взрыва. Учебное пособие. - Саров: ВНИИЭФ, 2011.- 308 с.
3. Бельский В.М., Пушков В.А. Методы исследования ударно-волновых и динамических свойств материалов : учебное пособие по курсу Экспериментальная механика.-Саров ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2014 -161с.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление полученных

теоретических и практических знаний. Включает в себя:

- ✓ работу с предыдущим лекционным материалом;
- ✓ самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- ✓ поиск и обзор литературы и электронных источников;
- ✓ чтение и изучение учебника и учебных пособий;
- ✓ подготовку домашних заданий.

#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

##### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
<b>Семестр 3</b>				
Раздел 1	Тема 1. Основные понятия термодинамики	ОПК-3 ОПК-8 ОПК-9 ПК-2 ПК-6	3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	УО 1-2
	Тема 2. Уравнения состояния		3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	УО 3-4
	Тема 3. Динамическая прочность материалов		3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	УО 5-7
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-3 ОПК-8 ОПК-9 ПК-2 ПК-6	3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	ДЗ 8
Раздел 2	Тема 1. Откольное разрушение	ОПК-3 ОПК-8 ОПК-9 ПК-2 ПК-6	3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	УО 9-10

Тема 2. Устройства для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстропротекающих процессов		3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	УО 11-12
Тема 3. Математическое моделирование свойств материалов		3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	УО 13-15
<b>Рубежный контроль</b>	ОПК-3 ОПК-8 ОПК-9 ПК-2 ПК-6	3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	ДЗ 16
<b>Промежуточная аттестация</b>	ОПК-3 ОПК-8 ОПК-9 ПК-2 ПК-6	3-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3 3-ОПК-8; У-ОПК-8; В-ОПК-8 3-ОПК-9; У-ОПК-9; В-ОПК-9 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 3-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	<b>Экзамен</b>

## 5.2. Примерные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля

#### 5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса (УО)

Дать определение и записать в виде зависимости:

1. Плотность вещества, удельный объем.
2. Сжимаемость (акустический импеданс).
3. Скорость детонации (порядок значения в км/с).
4. Ударные адиабаты (координатные плоскости, простейшая зависимость).
5. Чему равна массовая скорость в образце, при ударе двух одинаковых материалов со скоростью  $W$ . Нарисовать в  $P-U$  координатах.
6. Чему равна толщина откольного слоя, если толщина ударника равна  $1/2$  толщины образца. Нарисовать в  $x-t$  координатах.
7. Что больше продольная скорость звука или поперечная. Записать связь между продольной, объемной и поперечной скоростями звука.
8. В каких случаях ударная волна имеет двухволновую конфигурацию.
9. Как определить модуль сдвига, если известна поперечная скорость звука.
10. Сформулировать основные законы сохранения.

## 5.2.2 Оценочные средства для рубежного контроля

### 5.2.2.1 Примерные вопросы для домашнего задания (ДЗ)

Решить задачи и ответить на вопросы:

1. С какой минимальной скоростью надо ударить плоским ударником о мишень (материалы ударника и мишени одинаковы), чтобы получить одноволновую конфигурацию ударной волны?
2. Как определить значение максимального растягивающего напряжения в сечении образца, нагруженного ударной волной, если зарегистрирована зависимость скорости движения свободной поверхности?
3. Определить область существования двухволновой упругопластической конфигурации волны сжатия, если известны  $\sigma_{не}$ ,  $\nu$ ,  $\rho_0$ ,  $E$ .
4. По веществу распространяется ударная волна амплитудой  $P$ . Определить кинематические ( $D, U$ ) параметры ударного сжатия. Какие формы представления ударных адиабат вы знаете? Запишите форму  $U_A$  построенную непосредственно из экспериментальных данных. Как перейти из одной формы  $U_A$  к другой?
5. По веществу распространяется ударная волна амплитудой  $P$ . Определить термодинамические ( $\rho$ ,  $\Delta S$ ,  $T$ ,  $E$ ) параметры ударного сжатия. Что такое параметр  $\Gamma$ ? Какие динамические эксперименты позволяют дать оценки коэффициента  $\Gamma$ . Как  $\Gamma$  зависит от температуры?
6. Дано давление начала плавления вещества  $P_{пл}$ . Как определить скорость соударения пластин из одинаковых материалов при которой реализуется состояние плавления. Нарисовать  $P(U)$  диаграмму. Нарисовать ударную адиабату и кривую плавления в  $T(P)$  плоскости. Показать область твердой фазы, смеси фаз и жидкости. Чему равна температура при  $P=0$ ?
7. Для уравнения состояния Ми-Грюнайзена определить температуру ударно-сжатого вещества, выразив её через кинематические параметры  $D, U$ , при сжатии волной амплитудой  $P$ . Чему равен параметр  $h$  – предельное сжатие?
8. Для уравнения состояния Ми-Грюнайзена определить температуру ударно-сжатого пористого ( $k=2$ ) вещества, выразив её через кинематические параметры  $D, U$ , при сжатии волной амплитудой  $P$ . В  $P(\rho)$  координатах построить ударные адиабаты пористого вещества с различной пористостью  $k=1; 1.5; 2; 7$ .
9. Фазовый переход в железе из  $\alpha$ -фазы в  $\beta$ -фазу происходит при давлении 13 ГПа. Оценить скорость железного ударника, выше которой в железе произойдёт фазовое превращение. В  $P(\rho)$  координатах построить ударную адиабату на которой показать  $\alpha$ ,  $\beta$  и смесевую фазу?

Что такое ударная волна разрежения? Кто впервые экспериментально подтвердил её существование?

### 5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### 5.2.3.1. Примерные вопросы к экзамену

Дать определение и записать в виде зависимости:

1. Плотность вещества, удельный объем.
2. Сжимаемость (акустический импеданс).
3. Скорость детонации (порядок значения в км/с).
4. Ударные адиабаты (координатные плоскости, простейшая зависимость).
5. Чему равна массовая скорость в образце, при ударе двух одинаковых материалов со скоростью  $W$ . Нарисовать в  $P-U$  координатах.
6. Чему равна толщина откольного слоя, если толщина ударника равна  $1/2$  толщины образца. Нарисовать в  $x-t$  координатах.
7. Что больше продольная скорость звука или поперечная. Записать связь между продольной, объемной и поперечной скоростями звука.
8. В каких случаях ударная волна имеет двухволновую конфигурацию.
9. Как определить модуль сдвига, если известна поперечная скорость звука.
10. Сформулировать основные законы сохранения.

Решить задачи и ответить на вопросы:

1. С какой минимальной скоростью надо ударить плоским ударником о мишень (материалы ударника и мишени одинаковы), чтобы получить одноволновую конфигурацию ударной волны?
2. Как определить значение максимального растягивающего напряжения в сечении образца, нагруженного ударной волной, если зарегистрирована зависимость скорости движения свободной поверхности?
3. Определить область существования двухволновой упругопластической конфигурации волны сжатия, если известны  $\sigma_{не}$ ,  $\nu$ ,  $\rho_0$ ,  $E$ .
4. По веществу распространяется ударная волна амплитудой  $P$ . Определить кинематические ( $D, U$ ) параметры ударного сжатия. Какие формы представления ударных адиабат вы знаете? Запишите форму  $UA$  построенную непосредственно из экспериментальных данных. Как перейти из одной формы  $UA$  к другой?
5. По веществу распространяется ударная волна амплитудой  $P$ . Определить термодинамические ( $\rho$ ,  $\Delta S$ ,  $T$ ,  $E$ ) параметры ударного сжатия. Что такое параметр  $\Gamma$ ?

Какие динамические эксперименты позволяют дать оценки коэффициента  $\Gamma$ . Как  $\Gamma$  зависит от температуры?

6. Дано давление начала плавления вещества  $P_{пл}$ . Как определить скорость соударения пластин из одинаковых материалов при которой реализуется состояние плавления. Нарисовать  $P(U)$  диаграмму. Нарисовать ударную адиабату и кривую плавления в  $T(P)$  плоскости. Показать область твердой фазы, смеси фаз и жидкости. Чему равна температура при  $P=0$ ?
7. Для уравнения состояния Ми-Грюнайзена определить температуру ударно-сжатого вещества, выразив её через кинематические параметры  $D, U$ , при сжатии волной амплитудой  $P$ . Чему равен параметр  $h$  – предельное сжатие?
8. Для уравнения состояния Ми-Грюнайзена определить температуру ударно-сжатого пористого ( $\kappa=2$ ) вещества, выразив её через кинематические параметры  $D, U$ , при сжатии волной амплитудой  $P$ . В  $P(\rho)$  координатах построить ударные адиабаты пористого вещества с различной пористостью  $\kappa=1; 1.5; 2; 7$ .
9. Фазовый переход в железе из  $\alpha$ -фазы в  $\beta$ -фазу происходит при давлении 13 ГПа. Оценить скорость железного ударника, выше которой в железе произойдет фазовое превращение. В  $P(\rho)$  координатах построить ударную адиабату на которой показать  $\alpha$ ,  $\beta$  и смесевую фазу? Что такое ударная волна разрежения? Кто впервые экспериментально подтвердил её существование?

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по балльной шкале	4-ех	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»		A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно

			усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках: Монография/ Под общ.ред.М.В.Жерноклетова.-2-е изд.доп.и испр.-Саров. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».2005.-428с.
2. Глушак Б.Л. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров 194 ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2008
3. Копышев В.П. Теория уравнений состояния. Саров, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2009.
4. Глушак Б.Л. Начала физики взрыва. Учебное пособие. - Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2011.- 308 с.

5. В.А. Огородников, В.А. Пушков, О.А. Тюпанова Основы физики прочности и механика разрушения, Саров, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».2012
6. Бельский В.М., Пушков В.А. Методы исследования ударно-волновых и динамических свойств материалов : учебное пособие по курсу Экспериментальная механика.-Саров ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2014 -161с.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Физика взрыва. В 2 т. 3-е изд.испр./Подред. Л.П. Орленко.М.: Физматлит, 2002.
2. Бабкин А.В., Колпаков В.Н. и др. Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов. М: МГТУ, 2006, т3.
3. Экспериментальные данные по ударно-волновому сжатию и адиабатическому расширению конденсированных веществ. Саров, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2006.
4. Глушак Б.Л, Трунин И.Р., Новиков С.А., Рузанов А.И. Численное моделирование откольного разрушения металлов. Фракталы в прикладной физике. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 1995.
5. Трунин И.Р., Терешкина И.А. Некоторые вопросы теории, эксперимента и численного моделирования откольного разрушения металлов. Препринт. ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2013.

#### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

1. Windows XP PRO (для всех компьютеров кафедры);
2. Стандартные офисные программы.

#### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

- 1 Интернет-ресурсы по тематике дисциплины.

### **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Набор презентаций, экзаменационные вопросы, распечатки с исходными данными для решения задач, плакаты, учебники и методические рекомендации по курсу.

Аудитории СарФТИ, лабораторное оборудование кафедры ТиЭМ ФТФ СарФТИ и уникальные установки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».



Выполнение практических работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах, оснащенных ЭВМ. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекционным материалом, рекомендованной литературой, выполняют практические работы, готовятся к зачету.

Также запланированы лекционные занятия с использованием различных видов демонстрационной подачи учебного материала (компьютер, типичные образцы натуральных размеров, кино- видео-материалы и др.). В процессе подготовки студенты используют программные продукты, инструментальные среды, информационно-справочные системы, информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

Предусмотрен разбор конкретных постановок экспериментов с поэтапным анализом процесса и обсуждением конечного результата.

Запланирован психологический тренинг с целью безопасного обращения с ВВ, токсичными и радиоактивными материалами. Предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, участие в Харитоновских Чтениях и других конференциях

По дисциплине «Общие вопросы теории, эксперимента и численного моделирования поведения веществ при динамических нагрузках» в рабочем учебном плане предусмотрены интерактивные часы для проведения практических занятий. Для реализации интерактивных форм обучения используются учебно-методические материалы, разработанные сотрудниками кафедры «Теоретической и экспериментальной механики».

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр. В конце семестра предусмотрен экзамен.

При преподавании дисциплины методически целесообразно в каждом разделе курса выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых.

Задачей курса, как и науки о прочности в целом, является создание теоретических и экспериментальных основ для установления требуемых размеров элементов и деталей с обеспечением надежности эксплуатации и экономичности.

Проработку лекционного материала рекомендуется проводить не после каждой лекции, а по завершении темы. Это позволит связать воедино полученные знания и составить цельную картину изучаемой проблемы. Не следует стремиться к механическому запоминанию формулировок, приведенных положений, формул, определений и теорем. Для понимания материала очень эффективным является самостоятельное выполнение заданий, рассматриваемых на практических занятиях, или подобных им.

Необходимо отметить особенности лекционного материала данного курса, указать, с основами каких предметов должен быть знаком студент к моменту изучения данной дисциплины, какими основными понятиями, методами и представлениями должен владеть студент, начиная изучение данной дисциплины.

Так как учебным планом предусмотрены практические занятия, целесообразно акцентировать внимание студентов на необходимости дальнейшего использования полученных знаний при изучении последующих курсов, выполнении курсовых и дипломных работ.

Настоящей рабочей программой предусмотрено проведение практических работ по основным разделам программы. Практические занятия существенным образом способствуют усвоению лекционного материала и в целом усвоению программы курса. Закрепление материала, изучаемого в дисциплине, должно проводиться при выполнении практических занятий.

В часы самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя изучаются отдельные теоретические вопросы, которые не излагались на лекциях, выполняются практические задания с помощью средств вычислительной техники, специализированных методик и ПО.

Предполагается подготовка по темам, рекомендуемым преподавателем, изучение материалов лекций и подготовка ответов на контрольные вопросы, подготовка к практическим занятиям и выполнение заданий с соответствующим оформлением.

Возможной иллюстрацией ряда требований, предъявляемых к студенту при изучении дисциплины, может служить ОС. При организации самостоятельной работы студентов следует указать им на наличие в сети Интернет полного описания всех ОС, находящихся на «страничках» Российского образовательного портала ([www.education.ru](http://www.education.ru)).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика».

**Программу составил:** доцент кафедры ТиЭМ, доцент, к.ф-м.н.

И.Р. Трунин

**Рецензент:** доцент кафедры ТиЭМ, к.ф-м.н., доцент

Ю.В. Батьков