

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**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика взрыва и удара**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.03.03 Прикладная механика
Наименование образовательной программы	Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ,

д.т.н., доцент

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_ **А.Л. Михайлов**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

г. Саров, 2022 г.

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

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

А.Л. Михайлов

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

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

А.Л. Михайлов

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

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

А.Л. Михайлов

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

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

А.Л. Михайлов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экс./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
<b>6</b>	16	3	108	32	16	-	60	-	Зач	4
<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>Зач</b>	<b>4</b>

## АННОТАЦИЯ

Основное содержание курса в современном понимании физики взрыва, как науки, составляет изложение начал волнового течения сплошной среды, подвергнутой импульсному внешнему силовому воздействию или быстрому объёмному разогреву.

Составляя программу курса, автор следовал классическому изложению задач физики взрыва и ставил цель дать прежде всего ясную физическую интерпретацию волновых процессов и наблюдаемых в экспериментах явлений, научить пользоваться аналитическими методами и применять их при решении разнообразных задач газодинамики. Полное содержание курса лекций можно условно разбить на четыре части:

- ✓ непрерывное движение несжимаемых и сжимаемых сплошных сред;
- ✓ теория ударных и детонационных волн;
- ✓ ударные волны и волны разрежения в газах и твёрдых телах, взаимодействие волн, разрушение твёрдых тел;
- ✓ реакция сплошной среды на быстрый разогрев.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Физика взрыва и удара» являются приобретение бакалавром знания, умения и навыков, обеспечивающих достижение целей основной образовательной программы «Прикладная механика».

Дисциплина нацелена на подготовку бакалавров:

- ✓ способных к проведению научных экспериментов, выполнению теоретических и расчетно-экспериментальных работ, решению задач прикладной механики - задач динамики, прочности, устойчивости, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры и их элементов.

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

*Индекс дисциплины: Б1.В.05*

Дисциплина относится к вариативной части цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин профессионального модуля учебной программы по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика.

Для освоения дисциплины от студентов требуется знания по дисциплинам естественнонаучного и математического цикла «Физика» и «Математика». Студенты должны знать основы высшей математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов, инженерной и компьютерной графики, информационных технологий, экологии. Необходимо также знать основы автоматизированного проектирования, аналитическую динамику и теорию колебаний, теорию упругости, основы механики жидкости и газа

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

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

#### 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
<b>Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>			
участие в составе научно-исследовательской группы в научно-исследовательских работах в области прикладной механики	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-1</b> Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	З-ПК-1 Знать методы анализа научных данных У-ПК-1 Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ В-ПК-1 Владеть проведением анализа научных результатов экспериментов и наблюдений; осуществлением теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений
		<b>ПК-2</b> Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов	З-ПК-2 Знать цели и задачи проводимых исследований разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и

		исследований и разработок  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	обработки информации У-ПК-2 Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы проведения экспериментов В-ПК-2 Владеть проведением наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов; составление отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов
<b>Тип задачи профессиональной деятельности:</b>			
<b>расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской деятельности</b>			
выполнение расчетно-экспериментальных работ в области прикладной механики с помощью экспериментального оборудования для проведения механических испытаний	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-3</b> Способен к определению расчетных характеристик материалов, применяемых при конструировании изделий  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «32.004. Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций»	З-ПК-3 Знать основы теории проведения измерений при экспериментальных работах; основы материаловедения; физические и механические характеристики конструкционных материалов; основы теории устойчивости конструкций; основы механики разрушения; основы теории колебаний У-ПК-3 Уметь применять методики расчета на прочность различных типов конструкций; применять инструментарий: - пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации и инженерных расчетов; - пользоваться программным обеспечением для расчетов на прочность

			В-ПК-3 Владеть экспериментальное определение усталостных характеристик образцов материалов и элементов конструкции; обработка экспериментальных данных по результатам испытаний образцов; анализ результатов экспериментальных исследований
--	--	--	---

## 1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 кредитов, 108 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
			<b>32</b>	<b>16</b>	---			
<b>6 семестр</b>								
1	Общие уравнения движения сплошной среды.		<b>4</b>	<b>2</b>		Контр. работа/устный опрос	Контр. работа/устный опрос	
2	Одномерные непрерывные движения сжимаемых сред		<b>4</b>	<b>2</b>		Контр. работа/устный опрос	Контр. работа/устный опрос	
3	Теория ударных волн.		<b>10</b>	<b>4</b>		Контр. работа/устный опрос	Контр. работа/устный опрос	
4	Ударные волны в твердых телах.		<b>10</b>	<b>4</b>		Контр. работа/устный опрос	Контр. работа/устный опрос	
5	Гидродинамическая теория детонации.		<b>4</b>	<b>4</b>		Контр. работа/устный опрос	Контр. работа/устный опрос	
	<b>Экзамен</b>							0 - 50
	<b>СРС – 60 час</b>							100



## **4.1. Содержание разделов дисциплины**

### **Введение.**

Цели и задачи курса. Роль и значение курса в изучении других специальных дисциплин.

### **Раздел 1. Общие уравнения движения сплошной среды.**

1.1. Уравнение движения идеальной жидкости. Модель среды. Уравнение непрерывности. Уравнение Ньютона-Эйлера. Уравнение сохранения энергии. Полная система уравнений движения.

1.2. Уравнение движения вязкой теплопроводной жидкости. Модель среды. Уравнение сохранения количества движения. Закон сохранения энергии. Полная система уравнений движения. Условия перехода к модели идеальной жидкости.

1.3. Движение идеальной несжимаемой жидкости. Уравнение движения. Условия несжимаемой среды. Движение сферической оболочки к центру. Схлопывание сферического пузырька.

1.4. Движение несжимаемой вязкой жидкости. Уравнение движения. Схлопывание пузырька в вязкой несжимаемой жидкости.

### **Раздел 2. Одномерные непрерывные движения сжимаемых сред**

2.1. Уравнения механики сплошной среды в случае малых возмущений. Идеальная сжимаемая среда. Упругая среда.

2.2. Акустические волны. Плоские акустические волны. Волна, бегущая в одном направлении. Распространение возмущений в движущейся среде. Сферические звуковые волны в идеальной среде.

2.3. Теория характеристик. Понятие характеристики. Производные параметров течения вдоль характеристик.

2.4. Плоское изэнтропическое течение. Инварианты Римана. Области зависимости и влияния.

2.5. Плоская волна. Понятие простой волны. Свойства простой волны

2.6. Волны сжатия и расширения. Волны сжатия. Волны расширения. Центрированная волна расширения. Некоторые соотношения для изэнтропических процессов сжатия и расширения. Отражение волны в акустическом приближении.

### **Раздел 3. Теория ударных волн.**

3.1. Основные соотношения на ударном разрыве. Поверхности и типы разрывов в течении. Основные зависимости на ударном разрыве. Ударная адиабата.

3.2. Плоская прямая ударная волна. Законы сохранения на фронте ударной волны. Адиабата Гюгонио (на примере УРС идеального газа). Двухкратное сжатие ударной волной.

3.3. Некоторые закономерности сжатия и течения в ударных волнах. Соотношения между внутренней и кинетической энергиями. Взаимное положение ударной адиабаты и адиабаты Пуассона.

3.4. Соотношение между  $D$ ,  $U$ , и  $S$ . Затухание ударных волн. Направление изменения величин в ударной волне расширения.

3.5. Ударные волны малой интенсивности. Изменение энтропии в слабых волнах. Акустическое приближение

3.6. Невозможность существования ударной волны расширения.

3.7. Распад произвольного разрыва. Общие положения. Примеры возникновения произвольных разрывов.

3.8. Типы течения при распаде произвольных разрывов. Метод  $P-U$  и  $x-t$  диаграмм.

#### **Раздел 4. Ударные волны в твердых телах.**

4.1. Сжатие сплошных тел ударными волнами: основные соотношения на ударном разрыве. Геометрическая интерпретация ударной адиабаты.

4.2. Уравнения состояния твёрдых тел.. Уравнение состояния с предельной плотностью.

4.3. Ударные волны при соударении тел. Взаимодействие волн в твердых телах. Распад произвольного разрыва.  $P-U$  и  $x-t$  диаграммы.

4.4. Изэнтропическое расширение ударно-сжатых твердых тел.

4.5. Затухание ударных волн. Боковая разгрузка. Догоняющая разгрузка.

4.6. Фазовые превращения в ударных волнах.

4.7. Ударное сжатие пористых тел. 9.Классификация ударных адиабат.

4.8. Деформирование упругопластических тел в плоских ударных волнах. Модели пластического деформирования.

4.9. Упругие свойства металлов в ударных волнах. Динамический предел текучести. Упругий предвестник и динамическая прочность.

4.10. Деформирование упругопластических сред в плоских волнах расширения. Структура ударной волны и волны расширения в упругопластической волне

4.11. Откольные явления. Способы образования растягивающих напряжений. Критерии откольного разрушения металлов. Мгновенный разогрев. Волны расширения при мгновенном разогреве.

#### **Раздел 5. Гидродинамическая теория детонации.**

5.1. Общие положения. Основные соотношения на фронте детонационной волны.

5.2. Адиабата полного энерговыведения.

5.3. Структура детонационного фронта.

5.4. Течение ПВ за фронтом плоской нормальной детонационной волны. Распределение параметров при инициировании заряда у свободного конца и жесткой стенки. Удельный импульс при отражении плоской нормальной детонационной волны от жесткой стенки.

5.5. Кривая торможения ПВ.

5.6. Ускорение ударников продуктами взрыва.

5.7. Расходящиеся и сходящиеся сферические детонационные волны.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ п/п	Темы практических занятий	Кол. часов
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Взаимодействие ударных волн в газах. Некоторые особенности решения задач распада произвольного разрыва.</li><li>• Метод P-U диаграмм. x-t диаграммы.</li></ul>	2
2	Соударение ударников с мишенями. Распад произвольного разрыва в твёрдых телах	2
3	Взаимодействие ударных волн в твёрдых телах. Метод P-U диаграмм. x-t диаграммы.	2
4	Откольные явления, создаваемые ударом тонких пластин и режимом быстрого разогрева.	2
5	Детонация. Плоская нормальная детонационная волна.	2
6	Движение продуктов взрыва при различных способах инициирования заряда	2
7	Кривая торможения продуктов взрыва Разгон ударников продуктами взрыва.	2
8	Расходящиеся и сходящиеся сферические детонационные волны.	2

### **Рекомендуемый перечень тем практических занятий:**

- Первый и второй законы термодинамики. Скорость звука в газах.
- Стационарное истечение газа. Уравнение Бернулли.
- Простая волна. Инварианты Римана. Волны разрежения.
- Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударных волн.
- Изэнтропическое сжатие и расширение идеального газа. Взаимодействие ударных волн в газах. Некоторые особенности решения задач распада произвольного разрыва. Метод P-U диаграмм. x-t диаграммы.
- Взаимодействие ударных волн в газах. Некоторые особенности решения задач распада произвольного разрыва. Метод P-U диаграмм. x-t диаграммы.

### **Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Примерным учебным планом на изучение дисциплины отводится два семестра. В конце первого семестра предусмотрен зачет, а в конце второго - экзамен. В каждом семестре проводится по две контрольные работы и выполняется одно домашнее задание.

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

Предлагается:

- в первом разделе заострить внимание на условиях переходов от общих уравнений движения сплошной среды к частным;
- во втором разделе обратить внимание на теорию характеристик и инварианты Римана;
- в третьем разделе акцентировать внимание на свойствах ударных волн в изотропных средах, законах сохранения для ударно-волновых течений;
- в четвертом разделе особое внимание уделить структуре фронта ударных волн и волн разрежения в упруго-пластических материалах, критериям откольного разрушения металлов
- в пятом разделе особое внимание уделить свойствам детонационных волн, условию Чепмена-Жуге, гидродинамической теории детонации.

## **2. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Для реализации компетентностного подхода предусматривается использование в учебном процессе проведения совместных мастер-классов экспертов и специалистов ведущих подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ с учетом использования новейших методов и средств измерений при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике работ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики» ФТФ в настоящее время располагает тем набором технических, программных, мульти-медийных, электронных, печатных и аппаратных средств, которые в процессе реализации Рабочей программы по дисциплине «Взрывчатые вещества» позволяют в полной мере применять метод проблемного изложения материала в сочетании с рейтинговой системой аттестации студентов.

При изложении лекционного материала используются ЭСО, проекторы, компьютеры, ноутбуки. На кафедре накоплен большой объем материала на электронных носителях, обеспечивающий возможность демонстраций результатов.

Одним из важных подходов, используемым для развития мотивации к изучению дисциплины «Взрывчатые вещества», является освещение на всех видах занятий, включая, и курсовое и дипломное проектирование, результатов измерений, достигнутых преподавателями, аспирантами, магистрантами и бакалаврами в процессе выполнения научных исследований.

### **3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.**

Вопросы к экзамену.

1. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.
2. Скорость химической реакции. Условия химического равновесия.
3. Уравнение Аррениуса. Энергия активации реагирующих систем.
4. Воспламенение горючих смесей. Тепловое самовоспламенение.
5. Теория теплового взрыва Н.Н. Семенова.
6. Особенности горения твердых взрывчатых веществ..
7. Принципиальные отличия процессов горения от взрыва.
8. Что такое взрыв и его характерные признаки.
9. Какие бывают взрывы? Что является причиной разрушительного характера взрыва?
10. Основные формы химического превращения ВВ.
11. Что такое «термическое разложение» и «термический взрыв»?
12. Основные требования, предъявляемые к ВВ.
13. Что представляет собой стационарное горение ВВ? Назовите основные признаки.
14. Какой процесс называется детонацией? С какой скоростью распространяется детонация в твердых ВВ, жидких и газообразных?
15. Связь между химической структурой и чувствительностью взрывчатых веществ.
16. Связь между энергетическими характеристиками элементарного

химического акта и энергией активации этого процесса.

17. Что представляет собой структура фронта детонационной волны?
18. Какому условию удовлетворяет детонация по Чепмену-Жуге?
19. Сформулируйте принцип Ю.Харитона.
20. Что понимают под термином «идеальная детонация» и «детонация в неидеальном режиме»?
21. Какие существуют экспериментальные методы исследования детонации? Кратко охарактеризуйте каждый из названных вами методов.
22. Сформулируйте закон Гесса. Его значение для теории ВВ.
23. Связь между структурой ВВ как твердого тела и его ударноволновой чувствительностью.
24. Что называется кислородным балансом? Для чего необходимо знать величину кислородного баланса и как он рассчитывается?
25. Что такое температура вспышки? Методы её определения.
26. Характеристики чувствительности ВВ к удару и трению. Методы их определения.
27. Работоспособность ВВ и методы её определения.
28. Недосжатый и пересжатый режимы детонации.
29. Условия течения продуктов взрыва в недосжатой и пересжатой детонационной волне.
30. Распределение температуры в волне горения.
31. Физические основы определение параметров Жуге.
32. Модель детонации Зельдовича.
33. Модель детонации Жуге.
34. Экспериментальный осциллографический метод определения скорости детонации.
35. Основные положения теории детонации.

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

Рекомендуемая литература:

##### ОСНОВНАЯ:

- 1) Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М. 1965г., 632с.
- 2) Физика взрыва. Под редакцией Л.П. Орленко. М. ФИЗМАТЛИТ, 2002г.
- 3) Б.Л. Глушак, В.Ф. Куропатенко, С.А. Новиков. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках. Наука, Сибирское отделение. 1992г., 295с.
- 4) Глушак Б.Л. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008
- 5) Глушак Б.Л. Начала физики взрыва. Учебное пособие. - Саров: ВНИИЭФ, 2011.- 308 с.
- 6) Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках. Монография под ред. М.В.Жерноклетова, 2-е изд.перераб.и доп. Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ 2005.
- 7) Взрывчатые вещества. Поведение твердых взрывчатых веществ при механических нагрузках. Учебное пособие.Т1.Под ред.С.А.Новикова, Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2001
- 8) В.В.Соловьев, И.Ф.Кобылкин, С.А.Новиков, Взрывные технологии Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008
- 9) Соловьев В.В. , Взрывные технологии. учебник для вузов./В.В.Соловьев, И.Ф.Кобылкин, С.А.Новиков, -2 изд. Москва Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014г.

##### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

- 1) Б.Л. Глушак, В.Ф. Куропатенко, С.А. Новиков. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках. Наука, Сибирское отделение. 1992г., 295с.
- 2) Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках. Монография под ред. д.ф.-м. н. М.В. Жерноклетова. Саров. РФЯЦ- ВНИИЭФ, 2003.
- 3) Некоторые вопросы газодинамики взрыва. Снежинск. РФЯЦ- ВНИИТФ, 1997.
- 4) Б.Г. Лобойко. Сборник задач по газодинамике. Снежинск. РФЯЦ- ВНИИТФ, 1997.
- 1) Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М. 1965г., 632с.
- 2) Физика взрыва. Под редакцией Л.П. Орленко. М. ФИЗМАТЛИТ, 2002г.
- 3) Б.Л. Глушак, В.Ф. Куропатенко, С.А. Новиков. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках. Наука, Сибирское отделение. 1992г., 295с.
- 4) Глушак Б.Л. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008
- 5) Глушак Б.Л. Начала физики взрыва. Учебное пособие. - Саров: ВНИИЭФ, 2011.- 308 с.

- 6) Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках  
Монография под ред. М.В.Жерноклетова, 2-е изд.перераб.и доп. Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ 2005.
- 7) Взрывчатые вещества. Поведение твердых взрывчатых веществ при механических нагрузках.  
Учебное пособие.Т1.Под ред.С.А.Новикова, Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2001
- 8) В.В.Соловьев, И.Ф.Кобылкин, С.А.Новиков, Взрывные технологии Изд-во МГТУ им.  
Н.Э.Баумана, 2008
- 9 Некоторые вопросы газодинамики взрыва. Снежинск. РФЯЦ- ВНИИТФ, 1997.
- 10) Б.Г. Лобойко. Сборник задач по газодинамике. Снежинск. РФЯЦ- ВНИИТФ, 1997.

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

- Оборудование учебно-исследовательских лабораторий кафедры ТиЭМ ФТФ СарФТИ НИЯУ МИФИ, уникальные лабораторные установки ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ.
- Аудитории и компьютерные классы СарФТИ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

**Программу составил:** профессор кафедры ТиЭМ, д.ф-м.н, профессор

М.В. Жерноклетов

**Рецензент:** заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов