

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**

« ____ » _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальная механика

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 _____ 2023 г.

_____ **А.Л. Михайлов**

« ____ » _____ **2023 г.**

г. Саров, 2023 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, экз./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
7	16	3	108	16	16	-	49	-	Э	8
ИТОГО	16	3	108	16	16	-	49	-	27	8

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Экспериментальная механика» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач и потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Экспериментальная механика» 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;
- ✓ готовых к применению информационных технологий, современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа, наукоемких компьютерных технологий - программных систем компьютерного проектирования систем автоматизированного проектирования, программных систем инженерного анализа и компьютерного инжиниринга;
- ✓ способных к самообучению и постоянному профессиональному самосовершенствованию;
- ✓ готовых к управлению проектами, маркетингом; организации работы научных и производственных подразделений, занимающихся разработкой и проектированием новой техники и технологий.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Индекс дисциплины: Б1.О.23

Дисциплина относится к профессиональному циклу дисциплин. 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, материаловедение, вычислительную механику, детали машин и основы конструирования.

Параллельное изучение дисциплин обеспечит лучшее усвоение материала, в том числе общего раздела «Механические свойства конструкционных материалов».

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
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.	З-ОПК-11 Знать естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности У-ОПК-11 Уметь привлекать для решения естественно-научных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии. В-ОПК-11 Владеть физико-математическим аппаратом и современными компьютерными технологиями для выявления естественнонаучных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности
ОПК-12 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности.	З-ОПК-12 Знать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности. У-ОПК-12 Уметь учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности. В-ОПК-12 современной техникой и технологией в своей профессиональной деятельности.

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: научно-исследовательский			
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.	ПК-1 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 данных, результатов экспериментов и наблюдений; осуществлением теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений
		ПК-2 Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	З-ПК-2 Знать цели и задачи проводимых исследований разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и 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

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 кредита, 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			
			16	16	--			
7 семестр								
1	Строение и свойства материалов.	2	1	4		2, опрос	2, контрольная работа	5
2	Механические свойства материалов при статических и динамических нагрузках. Методы изучения.	2	4	2		4, самостоятельная работа	4, контрольная работа	10
3	Свойства ударных волн и волн разрежения.	2	2			5, опрос	6, коллоквиум	10
4	Ударные адиабаты. Методы регистрации.	2	2	4		8, опрос	8, контрольная работа	10
5	Описание экспериментальных данных.	1	1	2		9, самостоятельная работа	9, контрольная работа	10
6	Двукратная сжимаемость веществ.	2	1			10, опрос	11, контрольная работа	10
7	Изэнтропическое расширение веществ после ударного сжатия.	2	2			13, опрос	13, коллоквиум	10
8	Сжатие пористых веществ.	2	1			15, самостоятельная работа	15, контрольная работа	10
9	Экспериментальное определение параметра Грюнайзена.	1	1			16, опрос	16, контрольная работа	10
10	Определение скорости звука в ударно сжатых материалах.	2	1	4		18, самостоятельная работа	18, контрольная работа	15
	Итого за семестр							
...	Экзамен							
	СРС – 49час							100

4.1. Содержание дисциплины.

Проводятся лабораторные работы, посвященные изучению методов измерения скорости полета лайнера, скорости звука и профиля давления в ударно сжатых материалах, изучению характеристик прочности и пластичности материалов.

1. Измерение скорости полета лайнера лазерным интерферометром (лабораторная работа №1).

Цель работы: знакомство с лазерным интерферометром, легкогазовой пушкой, принципом их работы и экспериментальная регистрация скорости полета лайнера, разогнанного легкогазовой пушкой.

2. Определение профиля давления с помощью ПВДФ-датчика давления (лабораторная работа №2).

Цель работы: знакомство с ПВДФ-датчиком давления, принципом его работы и экспериментальная регистрация профиля давления в ударно сжатом материале.

3. Определение скорости звука в ударно сжатом материале (лабораторная работа №3).

Цель работы: знакомство с экспериментальной установкой, монтаж экспериментального узла и измерение скорости звука.

4. Определение диаграммы деформирования σ - ϵ статического сжатия и растяжения металлов на испытательной машине Shimadzu.

Цель работы: изучение характеристик прочности и пластичности материалов при статическом нагружении, обучение обработке и анализу результатов.

5. Определение диаграммы деформирования σ - ϵ динамического сжатия и растяжения металлов по методу составного стержня Гопкинсона (Методу Кольского) на пневматической установке ИФВ.

Цель работы: изучение характеристик прочности и пластичности материалов при динамическом нагружении, обучение обработке и анализу результатов.

6. Определение динамической трещиностойкости металлов по модифицированному методу составного стержня Гопкинсона на пневматической установке ИФВ.

Цель работы: изучение сопротивления развитию трещин в материалах при динамическом нагружении, обучение обработке и анализу результатов.

Предусмотрены рефераты по следующим темам:

- Механические свойства материалов при статических и динамических нагрузках.
- Ударные адиабаты. Методы регистрации.
- Сжатие пористых веществ.
- Определение скорости звука в ударно сжатых материалах.

4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках учебной программы запланировано лекционные занятия с использованием различных видов демонстрационной подачи учебного материала (компьютер, типичные образцы натуральных размеров, кино- видео-материалы и др.). 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.

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

Самостоятельная работа студентов (курсовая работа)

Тема курсовой работы конкретного студента определяется темой его дипломной работы и выполняется под руководством преподавателя.

Формы контроля: промежуточный – 2 контрольные работы – 8 семестр, 2 контрольные работы 9 семестр; курсовая работа 9 семестр, итоговый – зачет – 8 семестр, экзамен - 9 семестр.

Контрольные вопросы

1. Понятие «кристаллическая решетка», типы решеток. Связь типа решеток со свойствами материалов.
2. Дефекты кристаллов: точечные, линейные, объемные.
3. Реологические модели поведения материалов при деформировании и разрушении.
4. σ - ϵ диаграммы и способы их получения.
5. Метод Кольского для исследования динамических свойств материалов.
6. Основные уравнения для волн разрежения.
7. Метод откола.
8. Метод торможения.
9. Метод отражения.
10. Метод преград
11. Определение двукратной ударной сжимаемости манганиновыми датчиками давления
12. Определение двукратной ударной сжимаемости магнитоэлектрическими датчиками.
13. Изэнтропическое расширение веществ после ударного сжатия.
14. Метод преград .
15. Сжатие пористых веществ.

16. Экспериментальное определение параметра Грюнайзена.
17. Определение скорости звука в ударно сжатых материалах.
18. Метод боковой разгрузки.
19. Метод догоняющей разгрузки.
20. Техника эксперимента.
21. Оптический метод регистрации скоростей волн разрежения.
22. Техника эксперимента.
23. Измерение скорости звука с помощью манганиновых датчиков давления.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) 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. Начала физики взрыва. Учебное пособие. - Саров: ВНИИЭФ, 2011.- 308 с.
3. Глушак Б.Л. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008_194с
4. В.А.Огородников, В.А.Пушков, О.А.Тюпанова Основы физики прочности и механика разрушения, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ.2012
- 5.Методы исследования ударно-волновых и динамических свойств материалов : учебное пособие по курсу Экспериментальная механика.-Саров ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2014 -161с. Ил.
6. Физическое материаловедение: учебник для вузов: в 7 т. / Под общ. ред. Б.А. Калина. – 2-е изд., перераб. - М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – Т. 3: Методы исследования структурно-фазового состояния материалов / Н.В. Волков, В.И. Скрытний, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. – 2012. – 800 с.: ил.
7. Физическое материаловедение: учебник для вузов: в 7 т. / Под общ. ред. Б.А. Калина. – 2-е изд., перераб. - М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – Т. 6: Конструкционные материалы ядерной техники / Б.А. Калинин, П.А. Платонов, Ю.В. Тузов и др. – 2012. – 736 с.: ил.
8. Физическое материаловедение: учебник для вузов: в 7 т. / Под общ. ред. Б.А. Калина. – 2-е изд., перераб. - М.: НИЯУ МИФИ, 2012. - Т. 2: Основы материаловедения / Г.Н. Елманов, Б.А. Калинин, С.А. Кохтев и др. – 2012. – 604 с.: ил.
9. Огородников В.А. Вязкость и ее роль в динамических процессах: монография. - Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2012. – 239 с.: ил.

б) дополнительная литература:

1. Зукас Дж.А., Николас Т., Свифт Х.Ф., Грещук Л.Б., Курран Д.Р. Динамика удара. Пер. с англ., М.: Мир, 1985.
2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М. Госиздат. физ.мат. литературы. 1963, 632 с.
3. Альтшулер Л.В, М.Н.Павловский. Магнитоэлектрический метод определения плотности за фронтом сталкивающихся ударных волн. ПМТФ, 1971, №2, стр110-114.
4. Мак-Куин, Хопсон, Фритц. Оптический метод измерения скоростей волн разрежения при очень высоких давлениях. Приборы для научных исследований 1982, №2, стр. 123-130.
5. Кулешова Л.В., Павловский М.Н. Динамическая сжимаемость, электропроводность и скорость звука за фронтом ударной волны в капролоне. ПМТФ, 1977, №5, стр122-126.
6. Павловский М.Н. Измерение скорости звука в ударно сжатом кварците, доломите, ангидрите, хлористом натрия, парафине, плексигласе, полиэтилене и фторопласте – 4. ПМТФ, 1976, №5, стр136-139.
7. Альтшулер Л.В., Кормер С.Б., Бражник М.И., Владимиров Л.А., Сперанская М.П., Фунтиков А.И. Изэнтропическая сжимаемость алюминия, меди, свинца и железа при высоких давлениях. ЖЭТФ, 1960, Т.38, вып.4, с. 1061-1073.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы на сайтах конференций «Shock Wave in Condensed Matter», «ДУМАТ», «Харитоновские Научные Чтения», «Забабахинские Научные Чтения» и др..

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории СарФТИ, лабораторное оборудование кафедры ТиЭМ ФТФ СарФТИ и уникальные установки ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

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.т.н., доцент

В.А. Пушков

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

А.Л. Михайлов