

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

Исследование свойств материалов при динамических нагрузках

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, экс./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
7	16	3	108	16	16	-	76	-	Зач	8
ИТОГО	16	3	108	16	16	-	76	-	Зач	8

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Исследование свойств материалов при динамических нагрузках» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися 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

Целью дисциплины «Исследование свойств материалов при динамических нагрузках» является обеспечение фундаментальной подготовки, позволяющей будущим бакалаврам 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

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.04.01

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки специалистов по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» направления 15.03.03 Прикладная механика. 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 бакалавра 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:

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-1.1 Способен обрабатывать и анализировать результаты измерений, полученных в результате испытаний изделий (объектов испытаний) <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским	З-ПК-1.1 Знать методы и средства научных исследований У-ПК-1.1 Уметь разрабатывать методики обработки результатов измерений полученных в результате испытаний изделий (объектов испытания) В-ПК-1.1 Владеть навыками проведения анализа результатов измерений, полученных в результате испытаний изделий (объектов испытания)

		разработкам» ПК-2 Способен к осуществлению выполнения экспериментов оформлению результатов исследований и разработок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	3-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
Тип задачи профессиональной деятельности: расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской деятельности			
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.	ПК-3 Способен к определению расчетных характеристик материалов, применяемых при конструировании изделий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «32.004. Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций»	3-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
--	--	--	---

4. 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			
			32	16	16			
7 семестр								
1	Основные понятия термодинамики		4	2		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
2	Уравнения состояния вещества		6	2		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
3	Динамическая прочность материалов		6	2	4	Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
4	Откольное разрушение		6	4	4	Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
5	Устройства для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстропротекающих процессов		4	4	4	Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
6	Математическое моделирование свойств материалов		6	2	4	Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
...	Зачет							0 - 50
	СРС – 76 часов							100

4.1. Содержание разделов дисциплины.

1. Основные понятия термодинамики. Термодинамическая система и окружающая среда. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Работа расширения и техническая работа. Внутренняя энергия и энтальпия. Аналитическое выражение первого закона. Термодинамические свойства и процессы идеального газа. Уравнение состояния Клапейрона - Менделеева. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Основные процессы идеальных газов. Политропные процессы и их анализ. Формулировки второго закона термодинамики и связь между ними. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамические циклы. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Цикл Карно и его КПД. Доказательство существования энтропии. T,S - диаграмма и ее свойства. Термодинамические циклы в T,S - диаграмме. Возрастание энтропии изолированной системы. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Характеристические функции. Химический потенциал. Основные дифференциальные уравнения термодинамики.
2. Уравнения состояния вещества. Общие уравнения движения сплошных сред. Одномерные непрерывные движения сжимаемых сред. Теория ударных волн. Ударные волны и волны расширения в твердых телах. Фазовая диаграмма вещества. Фазовое равновесие, агрегатные состояния и аллотропные фазы. Кривые возгонки-сублимации, плавления-затвердевания, кипения-конденсации. Тройная точка. Критическое состояние. Пример фазовой диаграммы простого металла. Определение ударных адиабат и изэнтроп расширения. Определение скорости звука в ударно-сжатом веществе. Полуэмпирические уравнения состояния.
3. Динамическая прочность материалов. Экспериментальные методы исследования сдвиговой прочности. Понятие динамического предела текучести. Модели деформирования. Релаксационные модели прочности. Уравнение состояния и динамическая прочность – тензор напряжения.
4. Откольное разрушение. Определение откольного разрушения, как результат взаимодействия встречных волн разрежения. Экспериментальные методы исследования откольного разрушения. Модели откольного разрушения. Уравнение состояния и откольное разрушение.
5. Устройства для создания ударных нагрузок и методы регистрации быстропротекающих процессов. Метательные устройства взрывного и метательного типа. Электромагнитные ускорители. Дискретные методы измерения волновых и массовых скоростей. Методы непрерывной регистрации скорости и давления.

6. Математическое моделирование процессов взрыва и высокоскоростного удара. Общие понятия математического и численного моделирования. Этапы создания математической модели: построение геометрической модели, построение физической модели, построение математической модели, задание системы внешних сил, выбор метода решения, определение сходимости, устойчивости, верификация модели.

Практические занятия:

Практические занятия расчеты на ПК

Лабораторные работы:

Лабораторные работы по теме лабораторий кафедры ТиЭМ

Расчетные задания:

Моделирование процессов распространения ударных волн, упругопластического поведения и откольного разрушения металлических преград при ударном нагружении.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием компьютерных презентаций, которые содержат большое количество иллюстрационного материала.

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки (специальности) реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

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

Для текущего контроля успеваемости используются различные виды тестов, задачи для самостоятельной работы студента, устный опрос (собеседование).

Аттестация по дисциплине – зачет

Самостоятельная работа включает подготовку к лекциям, выполнение индивидуальных заданий, работу с литературой проведение и защиту расчётных заданий, подготовку к зачету.

Задания для самостоятельной работы.

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 $\sigma_{не}$, v , ρ_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 УА построенную непосредственно из экспериментальных данных. Как перейти из одной формы УА к другой?
5. По веществу распространяется ударная волна амплитудой P . Определить термодинамические (ρ , ΔS , T , E) параметры ударного сжатия. Что такое параметр Γ ? Какие динамические эксперименты позволяют дать оценки коэффициента Γ . Как Γ 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 α -фазы в β -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 α , β и смесевую фазу? Что такое ударная волна разрежения? Кто впервые экспериментально подтвердил её существование?

7. 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. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров 194РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008
3. Копышев В.П. Теория уравнений состояния. Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2009.
- 4.Глушак Б.Л. Начала физики взрыва. /Б.Л. Глушак[сост.О.А. Тюпанова, Е.П. Глушак]-2-е изд., стереотип.-Саров: РФЯЦ- ВНИИЭФ, 2019.- 308 с., ил.
- 5 В.А.Огородников, В.А.Пушков, О.А.Тюпанова Основы физики прочности и механика разрушения, Саров, 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. Ил.

б) 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, 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. ВНИИЭФ. 1995.
5. Трунин И.Р., Терешкина И.А. Некоторые вопросы теории, эксперимента и численного моделирования откольного разрушения металлов. Препринт. РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2013.

Электронные образовательные ресурсы:

а) лицензионное программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Windows XP PRO (для всех компьютеров кафедры);

б) другие: входят в состав УМК кафедры ТиЭМ

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие лекционной учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций. Лабораторные работы проводятся в лабораториях кафедры ТиЭМ ФТФ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» и профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры».

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:

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

А.Л. Михайлов