

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

Измерение неэлектрических величин

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./защ./ЗсО/	Интерактивные часы
6	16	4	144	16	16	16	60	КР	Экз	16
ИТОГО	16	4	144	16	16	16	60	ЗсО	36	16

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Измерение неэлектрических величин» 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

Целями освоения учебной дисциплины «Измерение неэлектрических величин» является усвоение студентом теории и практики методов и использования средств измерения физических величин любой природы с использованием как традиционных, так и современных информационных технологий, а также формирование у обучающихся устойчивой мотивации к самообразованию путем организации их самостоятельной деятельности.

Целями дисциплины являются:

- ✓ способность проводить исследования, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;
- ✓ способность участвовать в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов техники;
- ✓ знание теоретических основ измерительной техники;
- ✓ умение проводить анализ методов преобразования и измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин, реализовать структурные и принципиальные схемы соответствующих средств измерений;
- ✓ владение навыками проектирования и аттестации приборов и измерительных преобразователей.

Задачами изложения и изучения дисциплины являются:

- ✓ анализ общих направлений и тенденций развития методов и средств измерения физических (неэлектрических) величин;
- ✓ научная классификация методов измерения физических величин; анализ способов построения, классификации и изучения основных характеристик измерительных преобразователей;
- ✓ проектирование простых измерительных преобразователей (начальные навыки);
- ✓ проектирование простых структур средств измерений физических величин (начальные навыки);

- ✓ получение практических навыков работы со средствами измерений, постановке и проведению измерительного эксперимента, обработке и представлению его результатов;
- ✓ организация учебного процесса, обеспечивающего активизацию познавательной деятельности обучающихся путем вовлечения их в обсуждение рассматриваемых проблем при чтении теоретического материала и демонстрации реальных образцов измерительной техники, выполнении части лабораторных работ с элементами научных исследований и с использованием новых информационных технологий, выполнения индивидуальных заданий и написания тематических рефератов, выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ по реальной тематике с учетом будущей профессиональной деятельности выпускника;
- ✓ организация текущего, промежуточного и итогового контролей с использованием контролируемых материалов, позволяющих студентам показать полученные в ходе образовательного процесса знания, умения и навыки.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Индекс дисциплины: Б1.В.08

Дисциплина «Измерение неэлектрических величин» относится к обязательной части рабочего учебного плана по направлению 15.03.03 «Прикладная механика».

Для успешного освоения дисциплины необходимы компетенции, формируемые в результате освоения следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Химия», «Информатика», «Электротехника и электроника», «Материаловедение».

Дисциплина «Измерение неэлектрических величин» является необходимой для освоения последующих специальных дисциплин: «Экспериментальная механика», «Физика взрыва и удара», «Техника и методы физического эксперимента», «Учебно-исследовательская работа», «Производственная практика».

Основные положения дисциплины могут быть использованы студентами при выполнении курсовых работ и проектов по дисциплинам учебного плана, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

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: 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»	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

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	16	60			
Семестр 6									
Раздел 1.									
1.1.	Методы и средства измерения неэлектрических величин. Измерительные преобразователи неэлектрических величин	1-4	4	4	4	15	УО	5	
1.2.	Методы измерения неэлектрических величин	5-8	4	4	4	15	УО	5	
Рубежный контроль		8						РФ	10
Раздел 2.									
2.1.	Методы и средства измерения параметров быстропротекающих процессов	9-12	4	4	4	15	УО	5	
2.2.	Устройства и приборы электрических методов регистрации и измерения быстропротекающих процессов	13-16	4	4	4	15	УО	5	
Рубежный контроль		16						РФ	10
Курсовая работа							ЗсО	10	
Промежуточная аттестация						Экзамен	36	45	
Посещаемость									5
Итого:			16	16	16	60	36	100	

*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

РФ - реферат

ЗсО – зачет с оценкой

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
6 семестр		
Раздел 1.		
1.1	<p>Методы и средства измерения неэлектрических величин. Измерительные преобразователи неэлектрических величин</p>	<p>Общие сведения о первичных измерительных преобразователях. Основные свойства и характеристики. Первичные ИП: элементная база информационно-измерительной техники. Понятие измерительного преобразователя, датчика. Примеры ИП, применяемых в различных областях. Представление ИП в виде многополюсника. Входные и выходные сигналы. Классификация ИП по различным признакам. Необходимость унификации выходных сигналов ИП, стандартизация ИП. Основные направления развития ИП и требования, предъявляемые к ним. Статические свойства и характеристики ИП. Уравнение (функция) преобразования. Чувствительность и порог чувствительности. Погрешности ИП в статическом режиме, причины их возникновения. Нормирование погрешностей. Динамические свойства и характеристики ИП. Динамический режим работы, его особенности. Определение основных характеристик: передаточной функции, комплексной чувствительности, частотных характеристик, переходных характеристик. Классификация ИП по динамическим свойствам. Понятие об обобщенных параметрах ИП. Измерительные цепи генераторных и параметрических ИП. Условия согласования с нагрузкой. Условия обеспечения линейности выходных характеристик схем с измерительными преобразователями. Уменьшение погрешностей от влияния паразитных сопротивлений и помех в измерительных цепях. Упругие измерительные преобразователи. Разновидности. Требования к конструкции. Области применения. Резистивные измерительные преобразователи Основы классификации и реализации резистивных ИП. Контактные резистивные ИП. Преобразователи контактного сопротивления. Тактильные датчики. Датчики «Искусственная кожа». Реостатные и реохордные ИП. Разновидности ИП (линейные, дискретные, функциональные). Требования к элементам конструкций. Погрешности, схемы включения. Область применения. Тензорезистивные ИП - тензорезисторы. Принцип действия.</p>

		<p>Металлические и полупроводниковые тензорезисторы, их характеристики. Особенности градуировки. Погрешности. Схемы включения. Область применения. Электролитические резистивные ИП. Механотронные резистивные ИП. Электромагнитные измерительные преобразователи</p> <p>Общие принципы построения электромагнитных ИП. Физические законы и явления, положенные в основу классификации электромагнитных ИП. Общие конструктивные элементы электромагнитных датчиков. Индуктивные ИП. Принцип действия разновидности конструкций, дифференциальные ИП. Рекомендации по выбору основных параметров. Свойства и характеристики. Схемы включения. Погрешности. Достоинства, недостатки. Применение. Трансформаторные ИП. Принцип действия, функции преобразования. Разновидности конструкций одинарных и дифференциальных. Особенности. Индукционные ИП. Принцип действия, функции преобразования. Конструктивные варианты. Основные характеристики и способы их улучшения. Применение. Магнитоупругие и магнитоанизатропные преобразователи. Принцип действия. Конструктивные варианты. Основные характеристики: чувствительность, точность, линейность, способы их улучшения. Область применения. Вихретоковые ИП. Принцип действия, разновидности. Влияние ряда факторов на свойства ИП и методы отстройки от влияния мешающих факторов. Применение. Электростатические измерительные преобразователи</p> <p>Емкостные ИП. Принцип действия, разновидности. Основные характеристики. Измерительные схемы включения. Достоинства и недостатки. Область применения.</p> <p>Пьезоэлектрические ИП. Прямой и обратный пьезоэффект. Пьезоэлектрики и их свойства. Применение пьезоэлектриков в датчиках неэлектрических величин. Анализ эквивалентной схемы замещения пьезоэлектрических ИП. Погрешности ИП. Область применения.</p> <p>Электретные ИП. Материалы. Конструктивное исполнение. Технология создания электретных ИП. Применение. Тепловые измерительные преобразователи. Терморезисторы. Принцип действия. Уравнение теплового баланса. Возможность использования терморезисторов для измерения различных неэлектрических величин, определенным образом влияющих на условия теплового обмена. Режимы работы терморезисторов.</p> <p>Металлические и полупроводниковые терморезисторы, их свойства. Использование терморезисторов в термометрах, термоанемометрах,</p>
--	--	--

		датчиках перемещения и т.д. Термоэлектрические ИП. Принцип действия, разновидности используемых термопар. Особенности работы с термопарами: введение поправки на температуру свободных концов. Погрешности и способы их уменьшения. Применение.
1.2	Методы измерения неэлектрических величин	Классификация неэлектрических величин. Методы измерения геометрических величин. Классификация величин пространства и времени: геометрических, времени и параметров движения. Измерение линейных размеров: расстояний, толщин, высот, глубин, диаметров, уровней, параметров шероховатостей. Измерение площадей и объемов. Измерение угловых размеров. Методы измерения параметров движения. Виды движения. Параметры движения связь между ними. Методы измерения линейных и угловых перемещений. Основные методы измерения скорости и расхода твердых, жидких и газообразных сред. Методы измерения скоростей вращения. Методы измерения параметров вибрации, взрыва и др. параметров движения. Методы измерения параметров движений с использованием инерционных ИП. Методы измерения механических величин. Классификация механических величин и связь между ними. Методы измерения сосредоточенных сил. Методы измерений давлений. Механические моменты и методы их измерений. Методы измерения механических напряжений и деформаций. Границы применимости методов и основные погрешности средств измерения. Методы измерения тепловых величин. Классификация тепловых величин. Понятие температуры. Температурные шкалы. Контактные и бесконтактные методы измерения температур, источники погрешностей и область применения. Особенности и методы измерения сверхнизких и низких, средних и высоких температур. Методы измерения концентрации и состава веществ. Понятия концентрации и состава веществ (концентрация, состав, структура, вязкость, цветность, мутность, жирность, влажность, дымность и др.). Измеряемые физические параметры. Основные методы измерения концентрации и состава: электрохимические, ионизационные, спектрометрические, тепловые, магнитные, диэлькометрические, хроматографические, оптические, радиоскопические, акустические, механические, и др
Раздел 2.		
2.1	Методы и средства измерения параметров быстропротекающих процессов	Методы регистрации быстропротекающих процессов в динамических исследованиях. Экспериментальные возможности измерений параметров ударно-волновых явлений. Особенности регистрации

		газодинамических течений. Преобразователь в системе измерений. Электрические методы регистрации и их основные характеристики. Измерение параметров ударных волн в твердых телах. Дискретные методы измерения волновых и массовых скоростей. Электроконтактные датчики. Пьезоэлектрические и сегнетоэлектрические датчики времени. Метод вспыхивающих зазоров. Электрооптическая методика. Метод замкнутых контактов. Методы непрерывной регистрации профилей скорости движения вещества. Емкостной датчик. Магнитоэлектрический метод. Принцип действия, конструкции и схемы применения. Методы непрерывной регистрации профилей давления. Пьезоэлектрические датчики давления. Пьезорезистивные датчики давления. Принцип действия, конструкции и схемы применения. Диэлектрические датчики давления. Поляризационные датчики давления. ПВДФ-датчики давления. Принцип действия, конструкции и схемы применения. Лазерные доплеровские измерительные системы и их применение в ударно-волновых исследованиях. Основы интерферометрических методов измерения скорости. Интерферометр смещения (Майкельсона). Лазерный дифференциальный интерферометр скорости (ЛДИС). Интерферометры VISAR и ORVIS. Лазерный интерферометр Фабри-Перо (ЛИФП). Метод лазерного гетеродин-интерферометра (фотонный доплеровский измеритель скорости, PDV). Применение Лазерных интерферометрических систем в ударно-волновых исследованиях.
2.2	Устройства и приборы электрических методов регистрации и измерения быстропротекающих процессов	Усилители. Осциллографы(электроннолучевые, светолучевые, цифровые). Линии связи. Дополнительные элементы измерительных систем

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
6 семестр		
Раздел 1.		
1.1	Методы и средства измерения неэлектрических величин. Измерительные преобразователи неэлектрических величин	Общие сведения о первичных измерительных преобразователях. Основные свойства и характеристики. Первичные ИП: элементная база информационно-измерительной техники. Понятие измерительного преобразователя, датчика. Примеры ИП, применяемых в различных областях. Представление ИП в виде многополюсника. Входные и выходные сигналы. Классификация ИП

	<p>по различным признакам. Необходимость унификации выходных сигналов ИП, стандартизация ИП. Основные направления развития ИП и требования, предъявляемые к ним. Статические свойства и характеристики ИП. Уравнение (функция) преобразования. Чувствительность и порог чувствительности. Погрешности ИП в статическом режиме, причины их возникновения. Нормирование погрешностей. Динамические свойства и характеристики ИП. Динамический режим работы, его особенности. Определение основных характеристик: передаточной функции, комплексной чувствительности, частотных характеристик, переходных характеристик. Классификация ИП по динамическим свойствам. Понятие об обобщенных параметрах ИП. Измерительные цепи генераторных и параметрических ИП. Условия согласования с нагрузкой. Условия обеспечения линейности выходных характеристик схем с измерительными преобразователями. Уменьшение погрешностей от влияния паразитных сопротивлений и помех в измерительных цепях. Упругие измерительные преобразователи. Разновидности. Требования к конструкции. Области применения. Резистивные измерительные преобразователи Основы классификации и реализации резистивных ИП. Контактные резистивные ИП. Преобразователи контактного сопротивления. Тактильные датчики. Датчики «Искусственная кожа». Реостатные и реохордные ИП. Разновидности ИП (линейные, дискретные, функциональные). Требования к элементам конструкций. Погрешности, схемы включения. Область применения. Тензорезистивные ИП - тензорезисторы. Принцип действия. Металлические и полупроводниковые тензорезисторы, их характеристики. Особенности градуировки. Погрешности. Схемы включения. Область применения. Электролитические резистивные ИП. Механотронные резистивные ИП. Электромагнитные измерительные преобразователи Общие принципы построения электромагнитных ИП. Физические законы и явления, положенные в основу классификации электромагнитных ИП. Общие конструктивные элементы электромагнитных датчиков. Индуктивные ИП. Принцип действия разновидности конструкций, дифференциальные ИП. Рекомендации по выбору основных параметров. Свойства и характеристики. Схемы включения. Погрешности. Достоинства, недостатки. Применение. Трансформаторные ИП. Принцип действия, функции преобразования. Разновидности</p>
--	--

		<p>конструкций одинарных и дифференциальных. Особенности. Индукционные ИП. Принцип действия, функции преобразования. Конструктивные варианты. Основные характеристики и способы их улучшения. Применение. Магнитоупругие и магнитоанизатропные преобразователи. Принцип действия. Конструктивные варианты. Основные характеристики: чувствительность, точность, линейность, способы их улучшения. Область применения. Вихретоковые ИП. Принцип действия, разновидности. Влияние ряда факторов на свойства ИП и методы отстройки от влияния мешающих факторов. Применение. Электростатические измерительные преобразователи Емкостные ИП. Принцип действия, разновидности. Основные характеристики. Измерительные схемы включения. Достоинства и недостатки. Область применения. Пьезоэлектрические ИП. Прямой и обратный пьезоэффект. Пьезоэлектрики и их свойства. Применение пьезоэлектриков в датчиках неэлектрических величин. Анализ эквивалентной схемы замещения пьезоэлектрических ИП. Погрешности ИП. Область применения. Электретные ИП. Материалы. Конструктивное исполнение. Технология создания электретных ИП. Применение. Тепловые измерительные преобразователи. Терморезисторы. Принцип действия. Уравнение теплового баланса. Возможность использования терморезисторов для измерения различных неэлектрических величин, определенным образом влияющих на условия теплового обмена. Режимы работы терморезисторов. Металлические и полупроводниковые терморезисторы, их свойства. Использование терморезисторов в термометрах, термоанемометрах, датчиках перемещения и т.д. Термоэлектрические ИП. Принцип действия, разновидности используемых термопар. Особенности работы с термопарами: введение поправки на температуру свободных концов. Погрешности и способы их уменьшения. Применение.</p>
1.2	<p>Методы измерения неэлектрических величин</p>	<p>Классификация неэлектрических величин. Методы измерения геометрических величин. Классификация величин пространства и времени: геометрических, времени и параметров движения. Измерение линейных размеров: расстояний, толщин, высот, глубин, диаметров, уровней, параметров шероховатостей. Измерение площадей и объемов. Измерение угловых размеров. Методы измерения параметров движения. Виды движения. Параметры движения связь между ними. Методы измерения линейных и угловых перемещений. Основные</p>

		<p>методы измерения скорости и расхода твердых, жидких и газообразных сред. Методы измерения скоростей вращения. Методы измерения параметров вибрации, взрыва и др. параметров движения. Методы измерения параметров движений с использованием инерционных ИП. Методы измерения механических величин. Классификация механических величин и связь между ними. Методы измерения сосредоточенных сил. Методы измерений давлений. Механические моменты и методы их измерений. Методы измерения механических напряжений и деформаций. Границы применимости методов и основные погрешности средств измерения. Методы измерения тепловых величин. Классификация тепловых величин. Понятие температуры. Температурные шкалы. Контактные и бесконтактные методы измерения температур, источники погрешностей и область применения. Особенности и методы измерения сверхнизких и низких, средних и высоких температур. Методы измерения концентрации и состава веществ. Понятия концентрации и состава веществ (концентрация, состав, структура, вязкость, цветность, мутность, жирность, влажность, дымность и др.). Измеряемые физические параметры. Основные методы измерения концентрации и состава: электрохимические, ионизационные, спектрометрические, тепловые, магнитные, диэлькометрические, хроматографические, оптические, радиоскопические, акустические, механические, и др</p>
Раздел 2.		
2.1	<p>Методы и средства измерения параметров быстропротекающих процессов</p>	<p>Методы регистрации быстропротекающих процессов в динамических исследованиях. Экспериментальные возможности измерений параметров ударно-волновых явлений. Особенности регистрации газодинамических течений. Преобразователь в системе измерений. Электрические методы регистрации и их основные характеристики. Измерение параметров ударных волн в твердых телах. Дискретные методы измерения волновых и массовых скоростей. Электроконтактные датчики. Пьезоэлектрические и сегнетоэлектрические датчики времени. Метод вспыхивающих зазоров. Электрооптическая методика. Метод замкнутых контактов. Методы непрерывной регистрации профилей скорости движения вещества. Емкостной датчик. Магнитоэлектрический метод. Принцип действия, конструкции и схемы применения. Методы непрерывной регистрации профилей давления. Пьезоэлектрические датчики давления. Пьезорезистивные датчики давления. Принцип действия, конструкции и схемы применения</p>

		Диэлектрические датчики давления. Поляризационные датчики давления. ПВДФ-датчики давления. Принцип действия, конструкции и схемы применения. Лазерные доплеровские измерительные системы и их применение в ударно-волновых исследованиях. Основы интерферометрических методов измерения скорости. Интерферометр смещения (Майкельсона). Лазерный дифференциальный интерферометр скорости (ЛДИС). Интерферометры VISAR и ORVIS. Лазерный интерферометр Фабри-Перо (ЛИФП). Метод лазерного гетеродин-интерферометра (фотонный доплеровский измеритель скорости, PDV). Применение Лазерных интерферометрических систем в ударно-волновых исследованиях.
2.2	Устройства и приборы электрических методов регистрации и измерения быстропротекающих процессов	Усилители. Осциллографы(электроннолучевые, светолучевые, цифровые). Линии связи. Дополнительные элементы измерительных систем

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.1.	Электротензометрия	Цель работы: ознакомление с методикой выполнения измерений напряженного состояния материалов с помощью фольговых тензодатчиков. Приобретение навыков наклейки, монтажа и подключения тензодатчиков. Обработка осциллограмм.
1.2.	Пьезоэлектрические и пьезорезистивные датчики давления.	Цель работы: ознакомление с методиками выполнения измерений параметров динамических и ударно-волновых нагрузок помощью пьезоэлектрических ПВДФ (PVDF) и пьезорезистивных (манганиновых) датчиков и измерений скорости ударника и свободной поверхности образца с помощью лазерного интерферометра
1.3	Установка типа БУТ-30 . ИВК «ДИНАМИКА»	Приобретение навыков установки датчиков, обработки осциллограмм
1.4.	Измерение ударно-волновых нагрузок	Ознакомление с методиками выполнения измерений параметров динамических и ударно-волновых нагрузок при исследовании прочностных свойств конструкционных материалов

4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Электрические измерения неэлектрических величин. Учебно-методический комплекс. Учебные пособия ч.1, ч.2,ч.3.. Программа дисциплины. Батьков Ю.В.. – Саров. СарФТИ НИЯУ МИФИ., 2010 г. Электронный вариант
2. Измерение электрических и неэлектрических величин. Учебное пособие для вузов/ Н.Н. Евтихийев, Я.А. Купершмидт, В.Ф. Папуловский и др. Под общ.ред. Н.Н. Евтихьева.- М.Энергоатомиздат.1990-352с.ил

5. 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
Семестр 6				
Раздел 1	Методы и средства измерения неэлектрических величин. Измерительные преобразователи неэлектрических величин	ПК-3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	УО 1-4
	Методы измерения неэлектрических величин			УО 5-8
Рубежный контроль		ПК-3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	РФ 8
Раздел 2	Методы и средства измерения параметров быстропротекающих процессов	ПК-3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	УО 9-12
	Устройства и приборы электрических методов регистрации и измерения быстропротекающих процессов			УО 13-16
Рубежный контроль		ПК-3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	РФ 16
Курсовая работа		ПК-3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	ЗсО
Промежуточная аттестация		ПК-3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Экзамен

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

5.2.1.2. Примерные вопросы для устного опроса (УО)

1. Чем отличаются средства измерений от других технических средств?
2. Какие средства измерений Вам известны?
3. Почему измерительные преобразователи не относят к средствам измерений?
4. Приведите пример методической погрешности результата измерения.
5. Чем систематическая погрешность результата измерения отличается от случайной?
6. Как оценивается точность результата измерения?
7. Как и для чего вводятся поправки в результаты измерений?
8. Какие формы представления результатов измерений Вам известны?
9. Для решения каких задач используются метрологические характеристики средств измерительной техники?
10. Какие метрологические характеристики средств измерительной техники Вам известны?
11. По каким признакам классифицируются метрологические характеристики средств измерительной техники?
12. Какая составляющая погрешности средства измерений называется основной?
13. Какая составляющая погрешности средства измерений называется дополнительной?
14. Дайте определения абсолютной, относительной и приведенной погрешности средства измерений.
15. Дайте определения абсолютной погрешности измерительного преобразователя по входу и выходу.
16. Как бы Вы экспериментально определили погрешности измерительного преобразователя по входу и выходу?
17. Как взаимосвязаны абсолютные погрешности измерительного преобразователя по входу и выходу?
18. Дайте определения аддитивной, мультипликативной и нелинейной составляющих погрешности средства измерительной техники.
19. Почему нелинейную составляющую погрешности средства измерительной техники называют иногда погрешностью линейности? Для каких функций преобразования измерительных преобразователей это имеет смысл?
20. Какую информацию о погрешности средства измерений дает его класс точности?
21. Какова цель обработки результатов измерений?

22. Какое измерение называют косвенным? Как найти результат косвенного измерения?
23. Приведите примеры методических погрешностей прямых и косвенных измерений.
24. Какие измерительные механизмы используются для создания вольтметров? А амперметров?
25. Какие измерительные механизмы используются в цепях постоянного тока, а какие – в цепях переменного тока? Каков их принцип действия?
26. Как устроены приборы выпрямительной и термоэлектрических систем? Каковы области их применения?
27. В чем преимущества аналоговых электронных вольтметров по сравнению с электромеханическими?
28. Как устроены аналоговые электронные вольтметры? Области их применения?
29. Какие методические погрешности могут возникать при работе с аналоговыми электронными вольтметрами?
30. Каков принцип действия компенсатора постоянного напряжения? За счет чего они обеспечивают высокую точность измерений?
31. В чем преимущества цифровых вольтметров перед аналоговыми?
32. Как устроена электронно-лучевая трубка осциллографа?
33. Какие элементы электронно-лучевой трубки составляют электронную пушку?
34. Как устроены электронно-лучевые осциллографы?
35. Как устроен светолучевой осциллограф?
36. Какие методы и средства измерения сопротивлений на постоянном токе Вам известны?
37. Каков принцип действия моста постоянного тока? От чего зависит точность моста?
38. Каков принцип действия моста переменного тока? Какие физические величины могут быть измерены мостом переменного тока?
39. Что представляет собой реостатный измерительный преобразователь? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
40. Чем различаются линейный и функциональный реостатные измерительные преобразователи?
41. Нарисуйте простейшие схемы включения реостатного измерительного преобразователя.
42. Что представляет собой тензорезисторный измерительный преобразователь? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
43. Каков принцип действия тензорезисторного измерительного преобразователя?
44. Какие материалы используются для изготовления тензорезисторных измерительных преобразователей? Каковы технические требования к этим материалам?
45. Каковы особенности применения тензорезисторных измерительных преобразователей по сравнению с другими ИП?

46. Как осуществляется температурная компенсация в схемах с тензорезисторными измерительными преобразователями
47. Нарисуйте простейшие схемы включения тензорезисторных измерительных преобразователей.
48. Что представляет собой терморезисторный измерительный преобразователь? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
49. Каков принцип действия терморезисторного измерительного преобразователя?
50. Какие материалы используются для изготовления терморезисторных измерительных преобразователей? Каковы технические требования к этим материалам?
51. Каковы технические характеристики полупроводниковых терморезисторных измерительных преобразователей? Укажите их достоинства и недостатки.
52. Нарисуйте простейшие схемы включения терморезисторных измерительных преобразователей.
53. Каков принцип действия индуктивного измерительного преобразователя? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
54. Что такое чувствительность индуктивного измерительного преобразователя?
55. Нарисуйте простейшие схемы включения индуктивных измерительных преобразователей.
56. Поясните принципы измерения силы, давления и расхода жидкости или газа с помощью индуктивных измерительных преобразователей.
57. Каков принцип действия емкостного измерительного преобразователя? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
58. Каков принцип действия индукционного измерительного преобразователя? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?

5.2.2. Оценочные средства для рубежного контроля

5.2.2.1. Примерные темы рефератов (РФ)

1. Преобразователи механических величин в электрические.
2. Резистивные преобразователи.
3. Тепловые преобразователи.
4. Емкостные преобразователи.
5. Пьезоэлектрические преобразователи.
6. Индуктивные преобразователи.
7. Индукционные преобразователи.
8. Магнитоупругие преобразователи.
9. Электрохимические преобразователи.

10. Оптические преобразователи.
11. Гальваноманометрические преобразователи.
12. Электроконтактные датчики.
13. Метод вспыхивающих зазоров.
14. Метод измерения волновых скоростей.
15. Кварцевые датчики давления.
16. Диэлектрические датчики давления.
17. Сегнетоэлектрические пленочные датчики давления.
18. Пьезорезистивный манганиновый датчик давления.
19. Магнитоэлектрический метод регистрации профилей массовой скорости.
20. Емкостной измеритель скорости поверхности.
21. Лазерный интерферометр Фабри-Перо.
22. Лазерный дифференциальный интерферометр.
23. Оптически симметричный лазерный интерферометр "VISAR".
24. Лазерный измеритель скорости с оптической регистрацией "ORVIS".
25. Фотонный доплеровский измеритель скорости, PDV

5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

5.2.3.1 Примерные вопросы к экзамену

1. Что представляет собой пьезоэлектрический измерительный преобразователь? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
2. Каков принцип действия пьезоэлектрического измерительного преобразователя?
3. Нарисуйте простейшие схемы включения пьезоэлектрических измерительных преобразователей.
4. Что представляет собой термоэлектрический измерительный преобразователь? Для измерения каких неэлектрических величин он используется?
5. Каков принцип действия термоэлектрического измерительного преобразователя?
6. Из каких соображений выбирают материал термоэлектродов?
7. Каких максимальных значений достигают термо-ЭДС стандартных термоэлектрических измерительных преобразователей?
8. Назовите основные технические характеристики термоэлектрических измерительных преобразователей.
9. Нарисуйте простейшие схемы включения термоэлектрических измерительных преобразователей.

10. Из каких соображений выбирают материал линии связи термопары со средством измерений термо-ЭДС?
11. Какие измерительные преобразователи используются для измерения линейных размеров?
12. Какие измерительные преобразователи используются для измерения механических напряжений?
13. Какие измерительные преобразователи используются для измерения механических усилий?
14. Какие параметры движения Вам известны? Назовите примерные значения диапазонов измерения параметров движения.
15. Какие измерительные преобразователи используются для измерения параметров движения?
16. Какие методы измерения температуры Вам известны?
17. Методы регистрации быстропротекающих процессов в динамических. Какие исследования вы знаете?
18. Экспериментальные возможности измерений параметров ударно-волновых явлений. Каковы особенности регистрации газодинамических течений?
19. Какова роль преобразователя в системе измерений параметров ударно-волновых явлений?
20. Электрические методы регистрации и их основные характеристики.
21. Какие дискретные методы измерения волновых и массовых скоростей вы знаете?
22. Каков принцип действия электроконтактных датчиков ? .
23. Каков принцип действия пьезоэлектрических и отметчиков времени.?
24. Каков принцип действия метода вспыхивающих зазоров?
25. Каков принцип действия метода замкнутых контактов.?
26. Какие методы применяют для непрерывной регистрации профилей скорости движения вещества?
27. Принцип действия емкостного датчика,
28. Принцип действия магнитоэлектрического метод. Конструкции датчиков и схемы применения.
29. Электромагнитный метод. Принцип действия, конструкции датчиков и схемы применения
30. Индукционный метод.. Принцип действия, конструкции датчиков и схемы применения
31. Методы непрерывной регистрации профилей давления
32. Пьезоэлектрические датчики давления. Принцип действия, конструкции датчиков и схемы применения
33. Пьезорезистивные датчики давления. Принцип действия, конструкции датчиков и схемы применения
34. Диэлектрические датчики давления. Поляризационные датчики давления. Принцип действия, конструкции и схемы применения.

35. Лазерные доплеровские измерительные системы и их применение в ударно-волновых исследованиях.
36. Основы интерферометрических методов измерения скорости.
37. Интерферометр смещения (Майкельсона).
38. Лазерный дифференциальный интерферометр скорости (ЛДИС).
39. Интерферометры VISAR и ORVIS.
40. Лазерный интерферометр Фабри-Перо (ЛИФП).
41. Метод PDV.

5.2.4. Примерные темы курсовой работы

1. Оптические датчики при измерении неэлектрических величин.
2. Новые физические эффекты при построении датчиков физических величин.
3. Способы передачи измерительной информации.
4. Измерение массы, плотности газообразных, жидких и твердых сред.
5. Время и его измерение.
6. Измерение температуры ударно - нагруженных материалов.
7. Технические средства диагностики нагружающих устройств.
8. Технические средства неразрушающего контроля образцов материалов.
9. Датчик для измерения параметров вибрации.
10. Датчик для измерения давления в твердых телах.
11. Датчик перемещения свободной поверхности ударно-нагруженных тел.
12. Устройство измерения и контроля скорости. Электромагнитный датчик скорости.
13. Датчик в приборе для измерения температур.
14. Датчик уравнивания в устройстве для измерения малых сосредоточенных усилий.

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 4-ех балльной шкале	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»	B	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		C	
70-74		D	
65-69	3 «удовлетворительно»	E	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»	F	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 и средства измерений: учебник для вузов/ Г.Г.Раннев, А.П.Тарасенко.-3-е изд.,стер.- М.: Изд.центр «Академия», 2006.-336с.
2. К..Клаассен Основы измерений. Датчики и электронные приборы .Учебное пособие/Клаассен- 3-у изд.-Долгопрудный. Изд.дом Интеллект 2008,352с
3. Котюк, Андрей Федорович. Датчики в современных измерениях / А. Ф. Котюк. — М. : Радио и связь, 2006. — 96 с.

4. Андреев С.Г., Бойко М.М. Селиванов В.В. Экспериментальные методы физики взрыва и удара / Под ред. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках: Монография/ Под общ. ред. д-ра физ.-мат. Наук М.В. Жерноклетова.- 2-е изд., доп. и испр.- Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2005.-428 с.-ил.
5. Огородников В.А. Физические основы информатики быстропротекающих процессов. Саров. РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010, 230с.. Заслуж. деятеля науки РФ, д.т.н., профессора В.В. Селиванова. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2013.-752 с.
6. Невозмущающие методы диагностики быстропротекающих процессов/ Под ред. доктора техн. наук. А.Л. Михайлова-Саров ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2015.-322с
7. Основы метрологии и методы измерения физических величин: Учебное пособие/ С.А. Лобастов.-Саров ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» 2018.-412с. С ил.
8. Экспериментальные методы в физике ударных волн и детонации Монография/Под общ. ред. д-ра физ.-мат наук М.В. Жерноклетова. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2020.-552с.-ил.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Электрические измерения неэлектрических величин Учебно-методический комплекс. Учебные пособия ч.1, ч.2, ч.3.. Программа дисциплины. Батьков Ю.В.. – Саров. СарФТИ НИЯУ МИФИ., 2010 г. Электронный вариант
2. Измерение электрических и неэлектрических величин. Учебное пособие для вузов/ Н.Н. Евтихий, Я.А. Купершмидт, В.Ф. Папуловский и др. Под общ. ред. Н.Н. Евтихьева.- М. Энергоатомиздат. 1990-352с. ил
3. Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. – 4-е изд. – М.-Л.: изд-во «Энергия», 1966. – 690 с.: ил
4. Электрические измерения неэлектрических величин / Под ред. П.В. Новицкого . -5-е изд. - Л.: Энергия, 1975. - 576с
5. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320с

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специализированное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Национальная платформа открытого образования
2. - [http:// window.edu.ru](http://window.edu.ru)
3. - <http://techlibrary.ru>
4. - <http://univerty.ru/ video/>
5. - : www.library.mrsu.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины производится на базе учебных лабораторий кафедры ТиЭМ ФТФ в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебных корпусов 3,4,5 и в ИФВ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» зд.64 площадка Основная.

Лаборатории оснащены современным оборудованием, позволяющим проводить практические и лабораторные занятия. Выполнение лабораторных работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах оснащенных макетами ЛР с соответствующим комплектом средств измерений и объектами исследований. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам и по курсовому проектированию курсовых проектов.

В лабораториях имеются различные приборы и измерительно-вычислительные комплексы (ИВК).

В качестве материально-технического обеспечения используются также ресурсы и программно-аппаратное обеспечение компьютерного класса СарФТИ НИЯУ МИФИ ауд. 220 корп.3 (например, комплекс LabView).

При выполнении лабораторных, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, хозяйственных и госбюджетных работ используются современные средства измерения и контроля разных фирм и др. На кафедре имеются и используются оснащенные компьютерными системами управления исследовательские стенды и технологические комплексы для исследования квазидинамических диаграмм деформирования материалов, ударных адиабат и откольной прочности материалов при ударно-волновых нагрузках.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» реализация компетентного 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 лекциями, рекомендованной литературой, выполняют практические работы, готовятся к экзамену. 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.

По дисциплине «Измерение неэлектрических дисциплин» 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. Такие моменты отражены в изложенных выше пунктах, касающихся формируемых знаний студентов и их проверки.

Целью дисциплины является усвоение студентом теории и практики методов и использования средств измерения физических величин любой природы с использованием как традиционных, так и современных информационных технологий, а также формирование у обучающихся устойчивой мотивации к самообразованию путем организации их самостоятельной деятельности изучение основных понятий

Все основные понятия теории изложены в курсе «Измерение неэлектрических величин», поэтому необходимо активизировать остаточные знания студентов.

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 прорешивание задач, 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 работ и выпускной квалификационной работы.

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: зав. кафедрой ОТДиЭ, к.ф.-м.н., доцент

Ю.В. Батьков

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

А.Л. Михайлов