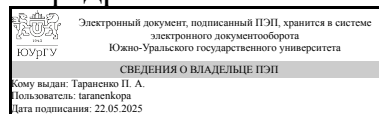


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



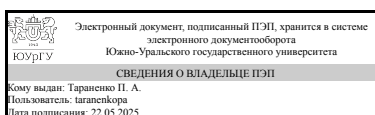
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.16 Экспериментальная механика
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

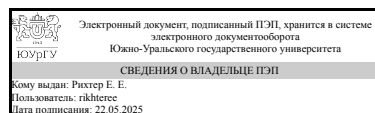
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



Е. Е. Рикхтер

1. Цели и задачи дисциплины

Основная цель изучения дисциплины заключается в усвоении выпускниками теоретических знаний и выработке практических навыков в области экспериментальных исследований прочности и нагруженности объектов с использованием современных методов измерения неэлектрических величин электрическими и оптико-геометрическими методами. Задачи: - знать существующие методы экспериментальных исследований для регистрации НДС, силовых и кинематических параметров машин и механизмов - уметь использовать современные средства экспериментальных измерений для регистрации НДС, силовых, кинематических параметров машин и механизмов - технологиями установки и использования измерительных устройств и аппаратуры для регистрации НДС, силовых, кинематических параметров машин и механизмов.

Краткое содержание дисциплины

Экспериментальная механика включает разделы: - общая классификация измерительных преобразователей, понятие о параметрических и генераторных преобразователях, структурные схемы измерения; - основные типы измерительных преобразователей: тензорезисторные, потенциометрические, электромагнитные, фотоэлектрические, гальваноманометрические и другие виды; физические принципы их работы, основные типы метрологических характеристик, достоинства и недостатки различных видов измерительных преобразователей; - область применения измерительных преобразователей, возможности их использования для исследования нагруженности, напряженно—деформированного состояния узлов и деталей, а также для изучения силовых и кинематических параметров машин;

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен работать в различных отраслях промышленности и может выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий	Знает: теоретические основы методов экспериментального определения напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний Умеет: выполнять оценку напряженно-деформированного состояния, нагруженности и прочности деформируемых элементов машин и конструкций от действия механических, тепловых и других нагрузок Имеет практический опыт: решения задач оценки деформаций, перемещений, температур и колебаний
ПК-3 Способен использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для решения профессиональных задач; планировать и выполнять механические испытания элементов конструкций, обрабатывать и анализировать результаты	Знает: устройство современного оборудования для исследования напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний Умеет: определять базовые количественные значения деформаций и напряжений в «реперных (контрольных)» точках конструкции для последующей проверки точности выполняемых расчетных исследований Имеет практический опыт: обработки и анализа

	результатов, полученных экспериментальными методами
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Аналитическая динамика	Виброметрия и вибродиагностика, Строительная механика машин, Основы автоматизированного проектирования, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Основы планирования эксперимента, Цифровые методы анализа динамики конструкций, Теория колебаний континуальных систем, Динамика машин

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Аналитическая динамика	Знает: основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем Умеет: выполнять расчет собственных частот и собственных форм малых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, классифицировать механическую систему на основании выявления наложенных связей и записи их уравнений; определять число степеней свободы механической системы; записывать уравнения движения; составлять и решать характеристическое уравнение; устанавливать характер движения механической системы (колебательный или неколебательный), ставить и решать задачи о движении и равновесии материальных объектов, конструкций и сооружений Имеет практический опыт: расчета установившихся и неустойчивых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, записи дифференциальных уравнений движения в прямой форме, обратной форме, с помощью уравнений Лагранжа второго рода, анализа результатов решения задач динамического поведения механических систем с конечным

	числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к зачету.	10	10
Обработка результатов и оформление отчетов по лабораторным работам	20	20
Подготовка реферата.	23,75	23.75
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Место и задачи экспериментальных исследований в комплексе научно-исследовательских работ. Основные сведения об электромеханических измерениях, понятия и определения. Статические характеристики измерительных преобразователей. Функция преобразования. Погрешности измерения при статических измерениях, их классификация.	6	2	2	2
2	Основы электротензометрии. Тензорезисторные преобразователи. Основные типы тензорезисторов: проволочные, фольговые и полупроводниковые. Основные метрологические характеристики тензорезисторов. Способы изготовления, технология наклейки, монтаж одиночных датчиков и розеток. Метрологические характеристики тензорезисторов. Способы их определения. Измерительные схемы с тензорезисторами. Потенциометрическая, мостовая и полумостовая схемы подключения датчиков. Выбор тензорезисторов в зависимости от задач и условий измерения. Использование тензорезисторов для исследования напряженно-деформированного состояния конструкций. Методы разделения деформаций. Измерение сил, давлений и крутящих	24	8	8	8

	моментов с использование тензорезисторов. Определение кинематических параметров узлов и деталей с использованием тензорезисторов. Специальные виды тензорезисторов.				
3	Электромагнитные преобразователи. Индуктивные, трансформаторные, индукционные и магнитоупругие. Используемый физический принцип, материалы, характеристика и конструкция. Электростатические преобразователи. Принцип действия. Физические основы работы. Типы емкостных преобразователей. Измерительные схемы, их особенности; мостовая и контурная схемы.	6	2	2	2
4	Пьезоэлектрические преобразователи. Пьезоэффект: прямой и обратный; материалы используемые в пьезоэлектрических преобразователях, их свойства. Пьезорезонансные преобразователи: особенности применения, достоинства и недостатки. Конструктивные особенности пьезопреобразователей. Фотоэлектрические преобразователи. Физические принципы работы, классификация по типу фотоэффекта. Основные характеристики. Внешний и внутренний фотоэффект. Особенности конструкции.	6	2	2	2
5	Измерение температуры. Общие сведения. Понятие о термодинамической шкале; термометры механической группы. Термоэлектрический метод измерения; общие сведения, требования к термоэлектрическим материалам, технология изготовления термопар, электрические схемы соединения термопар; примеры термометрирования деталей и узлов машин. Термометры сопротивления. принцип действия, диапазон измерений, точность.	6	2	2	2

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Электрические измерения неэлектрических величин. Общие положения. Основные понятия измерительной техники. Метрология и стандартизация. Виды и методы измерений. Измерительные преобразователи и структурные схемы измерений.	2
2	2	Основы электротензометрии. Тензорезисторные преобразователи. Основные типы тензорезисторов: проволочные, фольговые и полупроводниковые.	2
3	2	Основные метрологические характеристики тензорезисторов. Способы изготовления, технология наклейки, монтаж одиночных датчиков и розеток.	2
4	2	Измерительные схемы с тензорезисторами. Потенциометрическая, мостовая и полумостовая схемы подключения датчиков. Выбор тензорезисторов в зависимости от задач и условий измерения. Использование тензорезисторов для исследования напряженно-деформированного состояния конструкций. Методы разделения деформаций.	2
5	2	Измерение сил, давлений и крутящих моментов с использованием тензорезисторов. Определение кинематических параметров узлов и деталей с использованием тензорезисторов. Специальные виды тензорезисторов.	2
6	3	Электромагнитные преобразователи. Индуктивные, трансформаторные, индукционные и магнитоупругие. Используемый физический принцип, материалы, характеристика и конструкция. Особенности расчета параметров электромагнитных преобразователей. Преимущества и недостатки. Схемы включения. Измерители силовых и кинематических параметров машин на основе электромагнитных преобразователей. Электростатические преобразователи. Принцип действия. Физические основы работы. Типы емкостных преобразователей. Измерительные схемы, их особенности;	2

		мостовая и контурная схемы. Основные требования предъявляемые к параметрам емкостных преобразователей; достоинства и недостатки электростатических датчиков. Конструктивные особенности и характеристики емкостных преобразователей, используемых для исследования параметров машин.	
7	4	Пьезоэлектрические преобразователи. Пьезоэффект: прямой и обратный; материалы используемые в пьезоэлектрических преобразователях, их свойства. Пьезорезонансные преобразователи: особенности применения, достоинства и недостатки. Конструктивные особенности пьезопреобразователей; электрические схемы; усилительные устройства, работающие в комплекте с пьезодатчиками. Измерительные преобразователи на основе пьезоэффекта для измерения усилий, давлений, ускорений и других параметров машин. Фотоэлектрические преобразователи. Физические принципы работы, классификация по типу фотоэффекта. Основные характеристики. Внешний и внутренний фотоэффект. Особенности конструкции. Измерение механических параметров с использованием фотоэлектрических преобразователей.	2
8	5	Измерение температуры. Общие сведения. Понятие о термодинамической шкале; термометры механической группы. Термоэлектрический метод измерения; общие сведения, требования к термоэлектрическим материалам, технология изготовления термопар, электрические схемы соединения термопар; примеры термометрирования различных объектов. Термометры сопротивления. принцип действия, диапазон измерений, точность; достоинства и недостатки, материалы, используемые для термометров сопротивления, их характеристика, конструктивные особенности термодатчиков. Приборы и аппаратура для измерения температуры: милливольтметры, потенциометры, тепловизоры и т.д.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Метрологические характеристики тензорезисторов. Способы их определения.	2
2	2	Измерительные схемы с тензорезисторами. Потенциометрическая, мостовая и полумостовая схемы подключения датчиков.	2
3	2	Измерение сил, давлений и крутящих моментов с использованием тензорезисторов. Определение кинематических параметров узлов и деталей с использованием тензорезисторов.	2
4	2	Определение кинематических параметров узлов и деталей с использованием тензорезисторов.	2
5	2	Определение кинематических параметров узлов и деталей с использованием тензорезисторов.	2
6	3	Особенности расчета параметров электромагнитных преобразователей. Преимущества и недостатки. Схемы включения. Измерители силовых и кинематических параметров машин на основе электромагнитных преобразователей.	2
7	4	Конструктивные особенности пьезопреобразователей; электрические схемы; усилительные устройства, работающие в комплекте с пьезодатчиками. Измерительные преобразователи на основе пьезоэффекта для измерения усилий, давлений, ускорений и других параметров машин.	2
8	5	Измерение температуры. Общие сведения. Понятие о термодинамической шкале; термометры механической группы. Термоэлектрический метод	2

		измерения; общие сведения, требования к термоэлектрическим материалам, технология изготовления термопар, электрические схемы соединения термопар; примеры термометрирования различных объектов.	
--	--	---	--

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Определение амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик измерительных преобразователей различных типов (тензометрического, индуктивного, пьезоэлектрического). Динамическая градуировка акселерометров и виброметров. Динамическая градуировка акселерометров и виброметров. Навыки работы с виброизмерительной аппаратурой, электронно-лучевыми и светолучевыми осциллографами. Изучение конструкций тензометрических, индуктивных, пьезоэлектрических датчиков. Использование и освоение различных методов построения АЧХ и ФЧХ.	2
2	2	Основы электротензометрии. Приобретение навыков наклейки, монтажа и подключения тензодатчиков.	2
3	2	Определение метрологических характеристик тензорезисторных преобразователей.	2
4	2	Исследование статистических характеристик случайных нагрузок с помощью системы тензометрических устройств. Установка «БОКС». Освоение современных методов расшифровки осциллограмм случайных процессов.	2
5	2	Исследование динамических усилий в кулачковом механизме. Определение КПД высшей кинематической пары.	2
6	3	Исследование сил сопротивления в механизме торможения. Регистрация ударных процессов. Иллюстрация комплексного экспериментального исследования изучаемого явления.	2
7	4	Навыки работы с большим количеством разнообразных измерительных преобразователей: тензорезисторных, индуктивных, фотоэлектрических и т.д. усилительной и регистрирующей аппаратурой. Настройка и градуировка всего измерительного комплекса. Анализ и обработка осциллограмм.	2
8	5	Исследование температурных полей и напряжений.	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету.	Бриндли	6	10
Обработка результатов и оформление отчетов по лабораторным работам	Пособие по лаб. раб.	6	20
Подготовка реферата.	Бридли	6	23,75

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Семестр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	6	Текущий контроль	Тест по разделу "Электротензометрия"	1	50	Для успешного прохождения теста необходимо верно ответить на 10 тестовых вопросов, 6 из которых выбираются из базы данных "простые вопросы", а 4 - из базы данных "вопросы средней сложности". Критерии оценки: 1. Для успешного прохождения теста необходимо решить минимум 6 заданий из 10. Частично верные ответы не засчитываются. 2. Каждый верный ответ оценивается в 1 балл. 3. Время выполнения - 30 минут. 4. Число попыток - 3. Засчитывается наилучшая попытка.	зачет
2	6	Текущий контроль	Тест по разделу "Электромагнитные и пьезоэлектрические преобразователи"	1	10	Для успешного прохождения теста необходимо верно ответить на 10 тестовых вопросов, 6 из которых выбираются из базы данных "простые вопросы", а 4 - из базы данных "вопросы средней сложности". Критерии оценки: 1. Для успешного прохождения теста необходимо решить минимум 6 заданий из 10. Частично верные ответы не засчитываются. 2. Каждый верный ответ оценивается в 1 балл. 3. Время выполнения - 30 минут. 4. Число попыток - 3. Засчитывается наилучшая попытка.	зачет
3	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №2	1	10	Для успешной защиты лабораторной работы необходимо представить подготовленный отчет и ответить на вопросы преподавателя. Критерии оценки: 1. Качество оформления лабораторного журнала. 2. Ответы на вопросы при проведении защиты лабораторной работы.	зачет
4	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №3	1	10	Для успешной защиты лабораторной работы необходимо представить подготовленный отчет и ответить на вопросы преподавателя. Критерии оценки: 1. Качество оформления лабораторного журнала. 2. Ответы на вопросы при проведении защиты лабораторной работы.	зачет

5	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №4	1	10	Для успешной защиты лабораторной работы необходимо представить подготовленный отчет и ответить на вопросы преподавателя. Критерии оценки: 1. Качество оформления лабораторного журнала. 2. Ответы на вопросы при проведении защиты лабораторной работы.	зачет
6	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №5	1	10	Для успешной защиты лабораторной работы необходимо представить подготовленный отчет и ответить на вопросы преподавателя. Критерии оценки: 1. Качество оформления лабораторного журнала. 2. Ответы на вопросы при проведении защиты лабораторной работы.	зачет
7	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №7	1	10	Для успешной защиты лабораторной работы необходимо представить подготовленный отчет и ответить на вопросы преподавателя. Критерии оценки: 1. Качество оформления лабораторного журнала. 2. Ответы на вопросы при проведении защиты лабораторной работы.	зачет
8	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №8	1	10	Для успешной защиты лабораторной работы необходимо представить подготовленный отчет и ответить на вопросы преподавателя. Критерии оценки: 1. Качество оформления лабораторного журнала. 2. Ответы на вопросы при проведении защиты лабораторной работы.	зачет
9	6	Промежуточная аттестация	Зачет	-	30	Зачет проводится в виде очного компьютерного тестирования. Это является обязательной составляющей итогового рейтинга, даже если сумма текущего рейтинга больше или равна 60%. Допуском к зачету является сумма текущего рейтинга и бонусных баллов больше или равная 50. Также должны быть сданы и защищены все лабораторные работы, выполненные по программе курса. Критерии оценки; 1. Для успешного прохождения теста необходимо ответить на 70% вопросов. 2. При проведении промежуточной аттестации учитывается свободное владение материалом, качество оформления отчетов лабораторных работ, полнота ответов на вопросы. 3. Если набрано менее 10 баллов, то	зачет

						промежуточная аттестация считается не пройденной.	
--	--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Не предусмотрены

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПК-1	Знает: теоретические основы методов экспериментального определения напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний	+	+	+		+			+	+
ПК-1	Умеет: выполнять оценку напряженно-деформированного состояния, нагруженности и прочности деформируемых элементов машин и конструкций от действия механических, тепловых и других нагрузок	+	+	+	+		+			+
ПК-1	Имеет практический опыт: решения задач оценки деформаций, перемещений, температур и колебаний	+	+	+	+	+	+	+		+
ПК-3	Знает: устройство современного оборудования для исследования напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Умеет: определять базовые количественные значения деформаций и напряжений в «реперных (контрольных)» точках конструкции для последующей проверки точности выполняемых расчетных исследований	+	+		+				+	+
ПК-3	Имеет практический опыт: обработки и анализа результатов, полученных экспериментальными методами	+	+	+		+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

- Осадчий Е. П. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Е. П. Осадчий, А. И. Тихонов, В. М. Карпов; Под общ. ред. Е. П. Осадчего. - М. : Машиностроение, 1979. - 480 с. : ил.
- Электрические измерения неэлектрических величин / Под ред. П. В. Новицкого. - Л. : Энергия. Ленинградское отделение, 1975. - 576 с. : ил.
- Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. - 303 с. : ил.
- Тензометрия в машиностроении : Справочное пособие / Под ред. Р. А. Макарова. - М. : Машиностроение, 1975. - 288 с. : ил.

б) дополнительная литература:

- Конюхов, Н. Е. Электромагнитные датчики механических величин / Н. Е. Конюхов, Ф. М. Медников, М. Л. Нечаевский. - М.: Машиностроение, 1987. - 255 с. ил.

2. Экспериментальная механика : В 2-х кн. . Кн. 1 / С. Атлури, А. Кобаяси, Д. Дэлли; Под ред. А. Кобаяси; Пер. с англ. под ред. Б. Н. Ушакова. - М. : Мир, 1990. - 615 с. : ил.
3. Экспериментальная механика : В 2 кн. . Кн. 2 / Авт.: А. Дюрелли, Д. Холл, Ф. Стерн и др.; Под ред. А. Кобаяси; Пер. с англ. под ред. Б. Н. Ушакова. - М. : Мир, 1990. - 551 с. : ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Датчики и системы. Научно-технический журнал.
2. Измерительная техника. Научно-технический журнал.
3. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. Научно-технический журнал.
4. Приборы и техника эксперимента. Научно-технический журнал.
5. Приборы и средства автоматизации. Научно-технический журнал.
6. Заводская лаборатория. Научно-технический журнал.
7. Контрольно-измерительные приборы и системы. Научно-технический журнал.
8. Мир измерений. Научно-технический журнал.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Экспериментальная механика, раздел электромеханические измерения: учебное пособие к лабораторным работам / И.Я. Березин, Е.Е. Рихтер. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 71 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Экспериментальная механика, раздел электромеханические измерения: учебное пособие к лабораторным работам / И.Я. Березин, Е.Е. Рихтер. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 71 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Учебное пособие по курсу "Экспериментальная механика", раздел "Электромеханические измерения" Челябинск, ЮУрГУ, 2011. - 71с. https://lib.susu.ru/
2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Экспериментальная механика [Текст] : учеб. пособие по направлению 151600.62 "Приклад. механика" / С. И. Шульженко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Приклад. механика, динамика и прочность машин ; ЮУрГУ . 2016. - 56с. https://lib.susu.ru/

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simploter, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
4. -Paint.NET(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	033 (1)	компьютерная техника с программным обеспечением MathCad, MathLab, ANSYSWorkbench
Лабораторные занятия	033 (1)	1. Специализированная учебная лаборатория (ауд. 017) кафедры ПМ и ДПМ, полярископами установкой для исследования методом теневого муара, голографическая установка. 2. Учебно-демонстрационные установки для проведения лабораторных работ, предусмотренных п.5.1. 3. Образцы для лабораторных работ.
Лекции	336 (2)	мультимедийное оборудование для чтения лекций
Лабораторные занятия	031 (1)	лабораторные установки, компьютерная техника