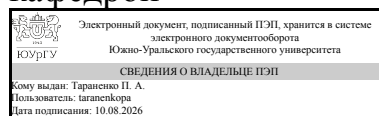


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



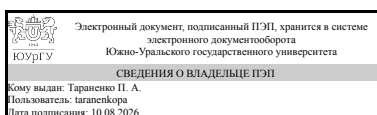
П. А. Тараненко

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

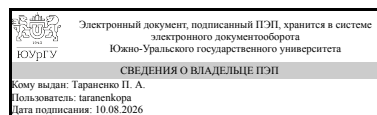
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., заведующий
кафедрой



П. А. Тараненко

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	Строительная механика машин, Цифровые методы анализа динамики конструкций, Теория колебаний континуальных систем, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Основы автоматизированного проектирования, Виброметрия и вибродиагностика, Основы планирования эксперимента, 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: базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем, основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы Умеет: 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, выполнять расчет собственных частот и собственных форм малых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы Имеет практический опыт: 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, расчета установившихся и неустойчивых колебаний

	линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы
--	---

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
Подготовка реферата.	23,75	23.75
Обработка результатов и оформление отчетов по лабораторным работам	20	20
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 моментов с использованием тензорезисторов. Определение	24	8	8	8

	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 тензотензометрии. 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; мостовая и контурная схемы. Основные требования предъявляемые к	2

		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 измерения; общие сведения, требования к термоэлектрическим материалам,	2

		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
Подготовка реферата.	Бридли	6	23,75
Обработка результатов и оформление отчетов по лабораторным работам	Пособие по лаб. раб.	6	20

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.

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.
- Тензометрия в машиностроении : Справочное пособие / Под ред. Р. А. Макарова. - М. : Машиностроение, 1975. - 288 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, Simplorer, 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
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.
Практические занятия и семинары	033 (1)	компьютерная техника с программным обеспечением MathCad, MathLab, ANSYSWorkbench
Лабораторные занятия	031 (1)	лабораторные установки, компьютерная техника
Лекции	336 (2)	мультимедийное оборудование для чтения лекций