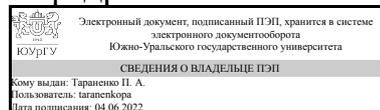


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



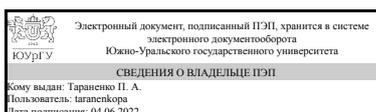
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.02 Виброметрия и вибродиагностика
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

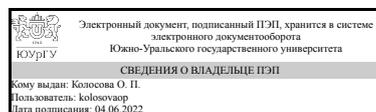
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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



П. А. Тараненко

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



О. П. Колосова

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины — изучить современные методы диагностирования типовых машин и механизмов на основе измерения и анализа характеристик вибрации для использования полученных знаний в практической деятельности — при оценке надежности и долговечности машин и механизмов. В результате изучения дисциплины обучающийся должен 1) знать: - основные понятия, термины и определения виброметрии, теории надёжности и технической диагностики; - основные параметры и характеристики вибраций типовых машин и механизмов; - современные методы и средства измерения параметров вибрации; - вычислительные методики обработки и анализа результатов измерения; - традиционные методики контроля технического состояния и диагностирования основных дефектов типовых машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации; - современные подходы к решению задач вибродиагностики; 2) уметь: - использовать современные измерительные средства для регистрации параметров вибрации машин и механизмов; - применять современные вычислительные методики для обработки и анализа результатов измерения вибраций; - применять традиционные методики контроля технического состояния и диагностирования типовых дефектов машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации; - строить диагностические модели основных типов машин и механизмов; - соблюдать установленные требования, действующие нормы, правила и стандарты; 3) владеть навыками: - установки виброизмерительных преобразователей на объект диагностирования; - обработки результатов измерения вибраций и вычисления основных характеристик; - учёта различных факторов, влияющих на результаты измерения вибраций; - практического решения задач вибродиагностики машин и механизмов.

Краткое содержание дисциплины

В дисциплине систематически изложены основы виброметрии и вибродиагностики: основные понятия, термины и определения виброметрии, теории надёжности и технической диагностики; основные параметры и характеристики вибраций типовых машин и механизмов; современные методы и средства измерения параметров вибрации; вычислительные методики обработки и анализа результатов измерения; традиционные методики контроля технического состояния и диагностирования основных дефектов типовых машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации; современные подходы к решению задач вибродиагностики.

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: основные понятия, термины и определения теории надёжности и технической диагностики; математические методы обработки результатов измерения параметров вибрации Умеет: использовать современные измерительные средства для регистрации параметров вибрации машин и механизмов,

	<p>применять вычислительные методики для обработки и анализа результатов измерения вибраций</p> <p>Имеет практический опыт: обработки результатов измерения вибраций и вычисления информативных характеристик; учёта различных факторов, влияющих на результаты измерения вибраций</p>
<p>ПК-3 Способен использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для решения профессиональных задач; планировать и выполнять механические испытания элементов конструкций, обрабатывать и анализировать результаты</p>	<p>Знает: традиционные методики контроля технического состояния и диагностирования типовых дефектов машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации</p> <p>Умеет: применять методы контроля технического состояния и диагностирования типовых дефектов машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации</p> <p>Имеет практический опыт: решения задач вибродиагностирования типовых дефектов ротационных машин и механизмов</p>

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Строительная механика машин, Теория колебаний, Основы автоматизированного проектирования, Нестандартные задачи сопротивления материалов, Теория колебаний континуальных систем, Аналитическая динамика, Практикум по кинематике и динамике твердых тел, Экспериментальная механика, Основы автоматизации инженерных расчетов</p>	<p>Не предусмотрены</p>

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

Дисциплина	Требования
Теория колебаний	<p>Знает: основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения теории колебаний</p> <p>Умеет: 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</p> <p>Имеет практический опыт: анализа результатов решения задач</p>

	<p>динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях, выполнять расчет установившихся колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы</p>
<p>Нестандартные задачи сопротивления материалов</p>	<p>Знает: основы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по допускаемым нагрузкам, общие закономерности неупругого однократного и повторно-переменного деформирования материалов, основные гипотезы механики деформируемого тела и, в частности, сопротивления материалов Умеет: формулировать возможные задачи: определение предельных нагрузок, перемещений, остаточных напряжений, записывать системы уравнений и неравенств, описывающих неупругое деформирование конструкций, выделять круг задач, в которых особенности рассматриваемых процессов требуют применения специфических методов анализа Имеет практический опыт: определения предельных нагрузок для конструкций различных типов: стержневых (работающих при растяжении-сжатии, кручении, изгибе) и не являющихся стержневыми (соединения элементов конструкций), решения задач определения нагрузок, напряжений и перемещений при однократном и повторном нагружении за пределами упругости, формулировки задач расчетов за пределами упругости, определения перечня возможных результатов</p>
<p>Экспериментальная механика</p>	<p>Знает: устройство современного оборудования для исследования напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний, теоретические основы методов экспериментального определения 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, выполнять оценку напряженно-деформированного состояния, нагруженности и прочности деформируемых элементов машин и конструкций от действия механических, тепловых и других нагрузок Имеет практический опыт: обработки и анализа результатов, полученных экспериментальными методами, решения задач оценки деформаций, перемещений, температур и колебаний</p>
<p>Основы автоматизации инженерных расчетов</p>	<p>Знает: основные физические явления и процессы, системы компьютерной математики для решения задач в области прикладной механики с помощью существующих</p>

	<p>информационных технологий и компьютерных программ; основы проведения математических вычислений инженерных расчетов в компьютерной программе Mathcad, существующие информационные технологии и компьютерные программы для проведения инженерных расчетов; основы расчетов элементов конструкций и проведения математических вычислений с использованием вычислительных методов Умеет: проводить основные математические вычисления в системе Mathcad; применять стандартные математические функции программы Mathcad при проведении необходимых инженерных расчетов, расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость типовых стержневых систем; применять физико-математические методы для решения практических задач; применять вероятностные и статические методы при обработке экспериментальных данных, проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых стержневых систем и элементов конструкций с помощью программ компьютерной математики; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента Имеет практический опыт: решения конкретных задач с помощью численных методов; самостоятельного проведения расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость типовых элементов конструкций в программе MathCAD; обработки экспериментальных данных при практической работе на компьютере с применением современных вычислительных систем; навыками применения физико-математического аппарата и методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности, расчета на прочность элементов конструкций с использованием современных вычислительных систем; применения математического аппарата для статистической обработки результатов эксперимента</p>
Аналитическая динамика	<p>Знает: базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем 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</p>

	<p>характер движения механической системы (колебательный или неколебательный), выполнять расчет собственных частот и собственных форм малых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, ставить и решать задачи о движении и равновесии материальных объектов, конструкций и сооружений Имеет практический опыт: записи дифференциальных уравнений движения в прямой форме, обратной форме, с помощью уравнений Лагранжа второго рода, расчета установившихся и неустойчивых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, анализа результатов решения задач динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях</p>
<p>Основы автоматизированного проектирования</p>	<p>Знает: интерфейс и основы работы в системах SolidWorks и Ansys Workbench как примерах широко распространенных современных САД и САЕ систем, смысл и содержание основных классов автоматизации совместного труда инженеров, конструкторов, технологов: проектирования, инженерного анализа, технологической подготовки производства, автоматизации производства, управления данными об изделии и жизненным циклом изделия Умеет: подготавливать геометрические модели деталей и механизмов для инженерного анализа; разбивать детали на конечные элементы; вычислять поля напряжений, деформаций и перемещений при статическом, динамическом и тепловом воздействии; выполнять расчеты на устойчивость eigenvalue buckling и с учетом геометрической нелинейности; делать многовариантные расчеты и выполнять параметрическую оптимизацию, моделировать геометрию деталей и механизмов; выполнять инженерный анализ; автоматизировать многовариантные расчеты Имеет практический опыт: работы в системах SolidWorks и Ansys Workbench , работы в системах SolidWorks и Ansys Workbench</p>
<p>Практикум по кинематике и динамике твердых тел</p>	<p>Знает: фундаментальные понятия кинематики и динамики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности, основные понятия и законы кинематики и динамики твердого тела и механической системы, методы кинематического и динамического анализа механической системы Умеет: применять теоремы кинематики, общие теоремы и принципы динамики к исследованию движения твердого тела и механической</p>

	<p>системы, решать типовые задачи кинематики и динамики материальных объектов, анализировать полученный результат Имеет практический опыт: математического моделирования кинематического и динамического состояния механических систем и анализа полученных результатов, применения методов кинематического и динамического анализа для математического описания движения материальных объектов и решения полученных математических моделей</p>
Теория колебаний континуальных систем	<p>Знает: методы расчета собственных и вынужденных колебаний систем с распределенной массой, методы расчета собственных и вынужденных колебаний нелинейных систем с одной степенью свободы Умеет: решать задачи об определении собственных частот и форм колебаний механических систем с распределенной массой, выполнять численное интегрирование уравнений движения нелинейных систем с одной степенью свободы Имеет практический опыт: применения пакета Ansys Workbench для расчета собственных и вынужденных колебаний систем с распределенной массой, применения пакета Mathcad для расчета собственных и вынужденных колебаний систем с распределенной массой</p>
Строительная механика машин	<p>Знает: формулировки задач расчета конструкций различных типов (тонкостенные стержни, толстостенные цилиндры, быстровращающиеся диски, кольцевые детали), возможности современных численных методов решения задач расчета напряженно-деформированного состояния в конструкциях различных типов Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние рассматриваемых конструкций, выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния, применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций</p>

4. Объём и виды учебной работы

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

Вид учебной работы	Всего	Распределение по семестрам
--------------------	-------	----------------------------

	часов	в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
Подготовка к зачёту	13,75	13,75	
Подготовка к контрольным работам	40	40	
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия, назначение и задачи вибродиагностики	8	4	4	0
2	Виброметрия: методы и средства измерения параметров вибрации	20	10	10	0
3	Вибродиагностика машин и механизмов	20	10	10	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные термины и определения теории надёжности и технической диагностики. Нормативные ссылки. Виды технических состояний, дефектов и отказов типовых машин и механизмов	2
2	1	Методы технического обслуживания машин. Задачи вибродиагностики и способы их решения	2
3	2	Основные термины и определения виброметрии. Основные параметры и характеристики вибраций машин и механизмов. Приборы виброизмерительные	2
4	2	Виброизмерительные преобразователи. Факторы, влияющие на результаты измерения вибраций	2
5	2	Контрольные точки объекта диагностирования. Измерительная система	2
6	2	Частотный анализ результатов измерения вибраций. Спектральный анализ	2
7	2	Частотный анализ результатов измерения вибраций. Кепстральный анализ. Анализ модуляции. Статистический анализ результатов измерения вибраций	2
8	3	Вибродиагностика геометрических дефектов роторных машин	2
9	3	Вибродиагностика подшипников качения роторных машин. Вибродиагностика подшипников скольжения роторных машин	2
10	3	Вибродиагностика зубчатых зацеплений	2
11	3	Вибродиагностика турбинных агрегатов, электромашин, двигателей внутреннего сгорания	2

			мероприятия			ется в ПА
0	8	Промежуточная аттестация	дифференцированный зачет	-	5	дифференцированный зачет
						<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019 в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09). Процедура проведения: зачёт проводится по желанию обучающегося с целью повышения рейтинга по дисциплине. К диф. зачёту допускаются все студенты. Проводится письменно по билетам. Время на выполнение задания - 90 минут (2 академических часа). Билет содержит 5 вопросов. Задание считается выполненным при наличии не менее 60% правильных ответов (не менее 3 вопросов из 5). Шкала оценивания: полный правильный ответ на вопрос билета — 1 балл, неправильный ответ — 0 баллов. Максимальное число баллов равно =5. Рейтинг по контрольному мероприятию вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного</p>

						мероприятия =1. Рейтинг по дисциплине вычисляется как среднее взвешенное рейтингов за все контрольные мероприятия. По выбору обучающегося рейтинг может быть рассчитан одним из двух способов: 1) только по результатам работы в семестре; 2) по результатам работы в семестре и диф.зачёта.	
1	8	Текущий контроль	Контрольная работа №1	1	4	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019 в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09). Проводится письменно на практическом занятии. Билет содержит 5 вопросов. Шкала оценивания: правильный ответ на вопрос - 1 балл; неправильный ответ на вопрос - 0 баллов.	дифференцированный зачет
2	8	Текущий контроль	Контрольная работа №2	1	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019 в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09). Проводится	дифференцированный зачет

						письменно на практическом занятии. Билет содержит 5 вопросов. Шкала оценивания: правильный ответ на вопрос - 1 балл; неправильный ответ на вопрос - 0 баллов.	
3	8	Текущий контроль	Контрольная работа №3	1	6	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019 в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09). Проводится письменно на практическом занятии. Билет содержит 3 вопроса. Шкала оценивания: полный правильный ответ на вопрос - 2 балла; неполный ответ на вопрос -- 1 балл; неправильный ответ на вопрос - 0 баллов.	дифференцированный зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019 в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09). Процедура проведения: зачёт проводится по желанию обучающегося с целью повышения рейтинга по дисциплине. К диф. зачёту допускаются все студенты. Проводится письменно по билетам. Время на выполнение задания - 90 минут (2 академических часа). Билет содержит 5 вопросов. Задание считается выполненным при наличии не менее 60% правильных ответов (не менее 3 вопросов из 5). Шкала оценивания: полный правильный ответ на вопрос билета — 1 балл, неправильный ответ — 0 баллов.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	<p>Максимальное число баллов равно =5. Рейтинг по контрольному мероприятию вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов.</p> <p>Вес контрольного мероприятия =1. Рейтинг по дисциплине вычисляется как среднее взвешенное рейтингов за все контрольные мероприятия. По выбору обучающегося рейтинг может быть рассчитан одним из двух способов: 1) только по результатам работы в семестре; 2) по результатам работы в семестре и диф.зачёта.</p>	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		0	1	2	3
ПК-1	Знает: основные понятия, термины и определения теории надёжности и технической диагностики; математические методы обработки результатов измерения параметров вибрации	+	+	+	
ПК-1	Умеет: использовать современные измерительные средства для регистрации параметров вибрации машин и механизмов, применять вычислительные методики для обработки и анализа результатов измерения вибраций	+		+	
ПК-1	Имеет практический опыт: обработки результатов измерения вибраций и вычисления информативных характеристик; учёта различных факторов, влияющих на результаты измерения вибраций	+		+	
ПК-3	Знает: традиционные методики контроля технического состояния и диагностирования типовых дефектов машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации	+			+
ПК-3	Умеет: применять методы контроля технического состояния и диагностирования типовых дефектов машин и механизмов на основе измерения и анализа параметров вибрации	+			+
ПК-3	Имеет практический опыт: решения задач вибродиагностирования типовых дефектов ротационных машин и механизмов	+			+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Иванов, Д. Ю. Вибродиагностика механизмов [Текст] учеб. пособие Д. Ю. Иванов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомобил. транспорт ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 32, [2] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Бендат, Д. С. Применение корреляционного и спектрального анализа Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. - 312 с.
2. Марпл, С. Л. (мл.) Цифровой спектральный анализ и его приложения Пер. с англ. О. И. Хабарова, Г. А. Сидоровой; Под ред. И. С. Рыжака. - М.: Мир, 1990. - 584 с. ил.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Иванов, Д. Ю. Вибродиагностика механизмов Текст учеб. пособие Д. Ю. Иванов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомобил. транспорт ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 32, [2] с. ил.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Иванов, Д. Ю. Вибродиагностика механизмов Текст учеб. пособие Д. Ю. Иванов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Автомобил. транспорт ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 32, [2] с. ил.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Петрухин, В.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Петрухин, С.В. Петрухин. — Электрон. дан. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2010. — 176 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/65092
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Васильев, Р.Р. Надежность и диагностика автоматизированных систем. Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р.Р. Васильев, М.З. Салихов. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2005. — 92 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/1858
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Пояркова, Е.В. Диагностика повреждений металлических материалов и конструкций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.В. Пояркова, С.Н. Горелов. — Электрон. дан. — Москва : ФЛИНТА, 2015. — 202 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72681
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Крук, Б.И. Основы спектрального анализа. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.И. Крук, О.Б. Журавлева. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 148 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/11837

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(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	334 (2)	Компьютер, проектор
Лекции	319 (2)	Специальное оборудование не требуется
Практические занятия и семинары		Оборудование Лаборатории "Экспериментальная механика": пьезоакселерометры, виброизмерительная система LMS, лабораторный вибродиагностический стенд