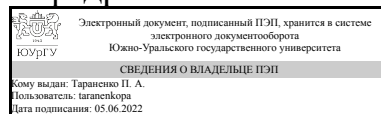


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



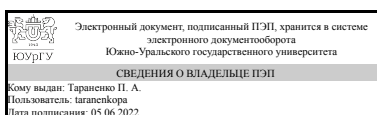
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.11 Статистическая 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

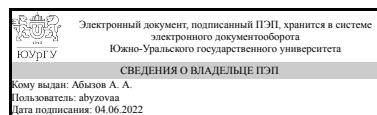
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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



П. А. Тараненко

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



А. А. АБЫЗОВ

1. Цели и задачи дисциплины

Основной целью курса является подготовка дипломированных бакалавров по направлению 15.03.03 «Прикладная механика», владеющих основами современной теории, методами и средствами исследования динамики механических систем, работающих в условиях случайных нагрузок, а также прогнозирования и управления надежностью сложных технических систем

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина включает следующие разделы: 1) Элементы теории случайных величин и случайных функций. 2) Постановка и методы решения задачи статистической динамики. 3) Элементы теории выбросов случайных процессов. 4) Статистические теории прочности. 5) Прогнозирование усталостной долговечности при случайном нагружении.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знает: способы поиска информации, необходимой для решения задач статистической механики Умеет: критически анализировать информацию о свойствах материалов и условиях работы конструкции Имеет практический опыт: навыками подготовки технической документации (пояснительной записки к курсовой работе)
ПК-2 Способен решать профессиональные задачи на основе представлений о процессах и явлениях, происходящих в природе, а также понимания о возможностях современных научных методов познания природы	Знает: основные положения теорий случайных чисел и случайных процессов, а также статистической динамики Умеет: обрабатывать экспериментальные данные, получать статистические характеристики случайных процессов; получать частотные передаточные функции линейных динамических систем Имеет практический опыт: навыками использования пакета программ MathCad для обработки экспериментальных данных и получения функции спектральной плотности случайного процесса
ПК-4 Способен на научной основе организовать свой труд и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным наукоёмким процессам, машинам и конструкциям	Знает: методы схематизации случайных процессов, методы расчетной оценки долговечности деталей при многоцикловом случайном нагружении Умеет: выполнять схематизацию случайного процесса, получать расчетную оценку усталостной долговечности Имеет практический опыт: получения расчетной оценки усталостной долговечности

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Нестандартные задачи сопротивления материалов, Теория вероятностей и математическая статистика, Аналитическая динамика, Дифференциальные уравнения, Математический анализ, Теория упругости, Теория колебаний, Основы автоматизации инженерных расчетов, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Строительная механика оболочек, Строительная механика пластин, Анализ механической системы твердых тел, Практикум по кинематике и динамике твердых тел, Практикум по виду профессиональной деятельности, Основы расчетов на прочность в инженерной практике, Линейная алгебра и аналитическая геометрия</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 вероятностей и математическая статистика	<p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения теории вероятностей; числовые характеристики дискретных случайных величин и их свойства; функцию распределения; биномиальный, геометрический и гипергеометрический законы распределения дискретных случайных величин; непрерывные случайные величины; функции распределения и плотности распределения; равномерное и показательное распределения; нормальное распределение; центральную предельную теорему; основные понятия статистики; оценки теоретических параметров; доверительный интервал; проверка статистических гипотез</p> <p>Умеет: решать типовые задачи по теории вероятностей; применять математические методы для решения типовых профессиональных задач</p> <p>Имеет практический опыт: решения задач по теории вероятностей и математической статистики</p>
Основы расчетов на прочность в инженерной практике	<p>Знает: современные подходы, в том числе, математические модели к определению</p>

	<p>предельных состояний элементов конструкций, возникающие при однократном, повторно-переменном и длительном (при повышенной температуре) нагружении, классические и технические теории и методы, прогрессивные физико-механические, математические и компьютерные модели для оценки предельных состояний разного рода конструкций, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам и объектам</p> <p>Умеет: применять современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей реализации предельных состояний изделий в условиях однократного, повторно-переменного и длительного нагружения, определять предельные состояния, включая образование трещин, на основе классических и технических теорий и методов, современных адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей</p> <p>Имеет практический опыт: расчетов и навыки использования пакетов прикладных программ, включая академические пакеты МКЭ, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности элементов конструкций, решения задач, связанных с определением различных предельных состояний, обладать навыками применения адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей</p>
Дифференциальные уравнения	<p>Знает: основные понятия теории дифференциальных уравнений, типы и стандартные формы записи основных дифференциальных уравнений, методы решения основных дифференциальных уравнений</p> <p>Умеет: применять дифференциальные уравнения для моделирования физических процессов, использовать средства дифференциальных уравнений для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования и пользоваться при необходимости математической литературой</p> <p>Имеет практический опыт: методов решения дифференциальных уравнений различных типов</p>
Практикум по виду профессиональной деятельности	<p>Знает: возможные постановки задач в области прикладной механики, основы численных методов решения задач статики и динамики деформируемого тела, способы поиска и возможные источники информации по профессиональной тематике</p> <p>Умеет: выбирать особенности применения численных методов в конкретных задачах, выбирать способы компьютерной реализации рассматриваемых методов, выбирать численные методы для расчета напряженно-деформированного</p>

	<p>состояния конструкций различных типов, критически анализировать информацию, доступную в профессиональных публикациях, для конкретизации задач исследования Имеет практический опыт: применения современных пакетов программ (САЕ) для моделирования конструкций с достаточным уровнем адекватности, решения задач прочности типовых конструкций с использованием численных методов, использования нормативной документации для интерпретации результатов расчетов, подготовки обзора литературы с формулировкой целей и задач исследования, подготовки соответствующего доклада</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>Теория колебаний</p>	<p>Знает: основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения теории колебаний 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 Имеет практический опыт: анализа результатов решения задач динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях, выполнять расчет</p>

	установившихся колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы
Математический анализ	<p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа, фундаментальные основы разделов математического анализа, необходимые для освоения других дисциплин и самостоятельного приобретения знаний</p> <p>Умеет: самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять модели реальных процессов и проводить их анализ, решать типовые примеры и использовать математические методы в решении профессиональных задач</p> <p>Имеет практический опыт: анализа и синтеза информации, а также употребления математических символов для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений, использования методов математического анализа и моделирования в решении профессиональных задач</p>
Основы автоматизации инженерных расчетов	<p>Знает: основные физические явления и процессы, системы компьютерной математики для решения задач в области прикладной механики с помощью существующих 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</p> <p>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</p>

	<p>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>
<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 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>
<p>Линейная алгебра и аналитическая геометрия</p>	<p>Знает: основные понятия линейной алгебры и аналитической геометрии; основы векторного и матричного исчисления, базовые понятия тензорной алгебры, методы решения линейных уравнений, основы линейного программирования Умеет: разбирать доказательства теорем, решать типовые задачи; использовать математический аппарат для освоения теоретических основ механики твердого деформируемого тела, методы применения математического аппарата для решения задач оптимизации Имеет практический опыт: анализа и синтеза информации, а также использования математического аппарата применительно к решению задач механики, решения задач оптимизации</p>

<p>Аналитическая динамика</p>	<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 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 неустойчившихся 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>Анализ механической системы твердых тел</p>	<p>Знает: теоретические основы и методы компьютерного моделирования, компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел Умеет: разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции, выполнять кинематический и динамический анализ механической системы Имеет практический опыт: работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел, кинематического и динамического анализа механических систем</p>
<p>Цифровое моделирование динамики машин и механизмов</p>	<p>Знает: современные пакеты 1D и 3D цифрового моделирования динамики сборок из абсолютно твердых тел, теоретические основы и методы цифрового моделирования Умеет: определять кинематические и динамические параметры конструкции (перемещения, скорости и ускорения точек), разрабатывать цифровые виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их</p>

	<p>конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа систем твердых тел, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для цифрового компьютерного моделирования динамических систем</p>
Теория упругости	<p>Знает: основы тензорной алгебры и тензорного анализа, которые с одной стороны необходимы для формирования объемного представления о мерах напряженно-деформированного состояния и основных законах механики твердого деформируемого тела, а с другой стороны помогают развить системное и критическое мышление, тензорный аппарат, используемый в механике твердого тела, основные меры напряженно-деформированного состояния, уравнения, законы и принципы теории упругости; основы метода конечных элементов; классические задачи теории упругости в 3D и 2D постановке Умеет: представлять меры напряженного и деформированного состояния в точке тела, а также основные уравнения механики твердого деформируемого тела в тензорной форме, при необходимости переходя от нее к координатной и матричной, решать задачи теории упругости, привлекая для этого тензорный аппарат; выполнять анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела; составлять матричную модель МКЭ стержневой и плоской конструкции Имеет практический опыт: представления основных уравнений теории упругости в различных формах записи; применения тензорного аппарата к решению задач механики, организации своего труда на научной основе; применения классических задач и методов теории упругости, физико-механических, математических и компьютерных моделей</p>
Строительная механика оболочек	<p>Знает: возможности современных численных методов решения задач об оболочках, основные гипотезы технической теории оболочек Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей, записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние оболочек Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций, получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах об оболочках</p>
Строительная механика пластин	<p>Знает: основные гипотезы технической теории пластин, возможности современных численных методов решения задач о пластинах Умеет:</p>

	записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин, 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 в задачах о пластинах, применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 114 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	40	16	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	56	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	102	51,5	50,5
Выполнение курсовой работы (8 семестр)	30,5	0	30,5
Выполнение домашнего задания "Анализ случайного процесса", подготовка к коллоквиумам (7 семестр)	31,5	31,5	0
Подготовка к экзамену (7 семестр)	20	20	0
Подготовка к экзамену (8 семестр)	20	0	20
Консультации и промежуточная аттестация	18	8,5	9,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	экзамен, КР

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Элементы теории случайных величин и случайных функций	36	10	26	0
3	Постановка и методы решения задачи статистической динамики	14	8	6	0
4	Элементы теории выбросов случайных процессов	6	6	0	0
5	Оценка вероятности разрушения от однократных перегрузок. Прогнозирование усталостной долговечности при случайном нагружении	38	14	24	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение: повышение научно-технического уровня проектирования и испытаний при создании новых поколений конкурентоспособной отечественной техники. Применение методов теории вероятностей в задачах прочности и надежности. Примеры решения простейших задач: оценки надежности комбинированных систем, контроля изделий, планирования поставок запасных частей, резервирования, технической диагностики и др.	2
2	2	Способы описания и основные теоретические законы распределения случайных величин, применяемые в задачах надежности. Многомерные распределения и их характеристики, Функции случайных аргументов; точные и приближенные решения	2
3	2	Элементы теории случайных функций. Способы их описания и характеристики. Корреляционная функция и ее свойства. Определение характера случайных функций по данным экспериментов	2
4	2	Линейное преобразование случайных процессов. Понятие линейного оператора; постановка задачи статистической динамики. Методы прямого линейного преобразования случайных функций; метод моментных функций, метод функций Грина-Дюамеля	2
5	2	Каноническое представление случайных функций. Понятие о стационарном случайном процессе и его спектральное разложение. Функция спектральной плотности и ее связь с корреляционной функцией стационарного случайного процесса, формулы Винера-Хинчина	2
6	2	Прикладные задачи теории случайных функций. Анализ случайных процессов, эргодическое свойство, определение характеристик процессов по данным эксперимента и оценка их точности. Методы определения функции спектральной плотности: метод аппроксимации, временного окна и быстрого преобразования Фурье. Практические приемы и рекомендации для обработки осциллограмм процессов	2
7	3	Постановка задач статистической динамики. Классификация динамических систем, определение частотных передаточных функций. Спектральный подход к задаче о прохождении стационарного случайного процесса через линейную систему. Основное соотношение спектрального метода. Пример: сейсмическое воздействие на сооружение	2
8	3	Статистическая динамика многовходовых систем. Задача о колебаниях многоопорной транспортной машины при движении по случайному профилю. Понятие взаимной спектральной плотности, определение характеристик выходных случайных процессов. Постановка задачи статистической идентификации динамических систем	2
9	3	Случайные колебания нелинейных систем. Классификация динамических объектов: подходы к решению задач, методы и критерии линеаризации, критерий равенства моментных характеристик	2
10	3	Метод линеаризации упруговязких характеристик, использующий критерий минимума среднеквадратической ошибки. Алгоритмы реализации методов статистической линеаризации	2
11, 12	4	Элементы теории выбросов случайных процессов. Постановка задачи о пересечении стационарным случайным процессом заданного постоянного уровня, классическая формула Райса. Задача о длительности выбросов и интервалов между ними. Определение среднего в единицу времени числа экстремумов и закона распределения широкополосности и определение коэффициента сложности структуры процесса	4

13	4	Распределение максимумов процесса, обобщенная формула Райса. Распределение абсолютных максимумов и размахов. Задачи о пересечении случайным процессом заданных переменного и случайного уровней	2
14, 15	5	Статистический подход к задачам прогнозирования надежности. Расчет при действии однократных перегрузок. Описание законов распределения напряженности и характеристик прочности. Метод А.Р.Ржаницына	4
16	5	Статистическое описание нагруженности. Методы схематизации случайных процессов: максимумов, размахов, полных циклов – «дождя». Алгоритмы реализации методов схематизации	2
17, 18	5	Анализ различных случаев расчета усталостной долговечности. Корректированная гипотеза линейного суммирования повреждений. Подход, использующий понятие блока нагружения; способ определения параметров блока. Метод расчета средней долговечности по корректированной гипотезе линейного суммирования. Прогнозирование усталостной долговечности с учетом случайного нагружения и рассеяния характеристик выносливости. Расчет функции вероятностей безотказной работы по критерию зарождения усталостных трещин	4
19, 20	5	Прогнозирование усталостной долговечности. Закономерности явления многоциклового выносливости металлов. Описание характеристик выносливости, полная вероятностная диаграмма усталости	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Применение теорем сложения вероятностей, формулы полной вероятности, формулы Байеса и др. к решению задач надежности	2
2	2	Использование пакета прикладных программ MathCad для анализа статистической информации	2
3	2	Анализ и первичная обработка осциллограмм случайных процессов (удаление ложных выбросов и трендов, оценка частотного состава процесса, оценка необходимой продолжительности реализации процесса)	2
4,5	2	Определение основных статистических характеристик случайного процесса (матожидание, дисперсия, корреляционная функция), а также их доверительных интервалов. Проверка стационарности случайного процесса	4
6	2	Проверка гипотезы о законе распределения мгновенных значений процесса. Коллоквиум 1.	2
7,8	2	Получение оценки функции спектральной плотности стационарного случайного процесса методом аппроксимации корреляционной функции	4
9,10	2	Получение оценки функции спектральной плотности стационарного случайного процесса методом преобразования Фурье реализации процесса. Методы сглаживания полученной оценки	4
11,12	2	Получение оценки функции спектральной плотности стационарного случайного процесса методом преобразования Фурье эмпирической корреляционной функции. Различные методы сглаживания полученной оценки (использование временного окна)	4
13	2	Определение эффективной частоты и коэффициента сложности структуры стационарного случайного процесса. Определение закона распределения максимумов на основе применения обобщенной формулы Райса	2
14	3	Определение частотных передаточных функций линейных систем. Коллоквиум 2.	2
15,16	3	Решение задачи статистической динамики для линейной механической	4

		системы. Зачет (6 семестр)	
17, 18	5	Расчет вероятности разрушения при действии однократных перегрузок по методу Ржаницына	4
19, 20	5	Оценка влияний различных законов распределений нагруженности и характеристик прочности на вероятность разрушения	4
21, 22	5	Определение законов распределения амплитуд напряжений различными методами схематизаций случайных процессов. Коллоквиум 3.	4
23, 24	5	Расчет функции вероятности безотказной работы. Корректировка исходных данных для обеспечения требуемого ресурса. Коллоквиум 4.	4
25, 26	5	Расчет параметров блока нагружения и средней долговечности по скорректированной гипотезе линейного суммирования	4
27, 28	5	Защита курсовой работы	4

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение курсовой работы (8 семестр)	методические указания [1]- главы 3 и 4; основная литература [1, 6, 8]	8	30,5
Выполнение домашнего задания "Анализ случайного процесса", подготовка к коллоквиумам (7 семестр)	методические указания [1]- главы 1 и 2.	7	31,5
Подготовка к экзамену (7 семестр)	Основная литература [3] гл.1, 2, 5 Бендат, Д. С. Прикладной анализ случайных данных - М.: Мир, 1989 гл. 1, 3-5, 11	7	20
Подготовка к экзамену (8 семестр)	Основная литература [2] гл 1, 2, 5; [3] гл. 6, 9	8	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	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Коллоквиум 1	1	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом	экзамен

						<p>ректора №179 от 24.05.2019). Коллоквиум проводится в форме письменной контрольной работы (45 минут). Билет включает два теоретических вопроса по темам «Способы описания и законы распределения случайных величин», «Элементы теории случайных функций». Шкала оценивания: - Даны правильные ответы на 2 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 2 вопроса с несущественными ошибками- 4 балла; - Дан правильный ответ на 1 вопрос- 3 балла; - Неи ни одного правильного ответа- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	
2	7	Текущий контроль	Коллоквиум 2	1	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Коллоквиум проводится в форме письменной контрольной работы (45 минут). Билет включает два теоретических вопроса по теме «Каноническое разложение и спектральное представление случайной функции"». Шкала оценивания: - Даны правильные ответы на 2 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 2 вопроса с несущественными ошибками- 4 балла; - Дан правильный ответ на 1 вопрос- 3 балла; - Неи ни одного правильного ответа- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	экзамен
3	7	Текущий контроль	Домашнее задание 1	1	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). В домашнем задании студент должен выполнить предварительную обработку случайного процесса (определение основных статистических характеристик, проверка гипотезы о нормальном распределении мгновенных значений, о стационарности процесса). В</p>	экзамен

						<p>качестве исходных данных студенту выдается файл с реализацией случайного процесса. Работа выполняется в системе MathCad и сдается в электронном виде. Шкала оценивания: - Работа выполнена правильно и в срок - 5 баллов; - Работа выполнена с несущественными ошибками, которые были в результате исправлены- 4 балла; - Работа выполнена с грубыми ошибками, которые были в результате исправлены, сдана после окончания срока - 3 балла; - Работа не выполнена- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	
4	7	Текущий контроль	Домашнее задание 2	1	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). В домашнем задании студент должен получить функцию спектральной плотности случайного процесса тремя разными методами. В качестве исходных данных студенту выдается файл с реализацией случайного процесса. Работа выполняется в системе MathCad и сдается в электронном виде. Шкала оценивания: - Работа выполнена правильно и в срок - 5 баллов; - Работа выполнена с несущественными ошибками, которые были в результате исправлены- 4 балла; - Работа выполнена с грубыми ошибками, которые были в результате исправлены, сдана после окончания срока - 3 балла; - Работа не выполнена- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	экзамен
5	8	Курсовая работа/проект	Выполнение курсовой работы часть 1	-	5	<p>ри оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). В первой части курсовой работы студент должен получить передаточную функцию для заданной механической системы и функцию спектральной плотности процесса изменения</p>	курсовые работы

						напряжений в рассматриваемой детали. Указания по выполнению работы приведены в методическом пособии. В качестве исходных данных используется функция спектральной плотности входного процесса, полученная в 6 семестре, расчетная схема и динамические характеристики механической системы. Работа выполняется в системе MathCad. Шкала оценивания: - Работа выполнена правильно и в срок - 5 баллов; - Работа выполнена с несущественными ошибками, которые были в последствии исправлены- 4 балла; - Работа выполнена с грубыми ошибками, которые были в последствии исправлены, сдана после окончания сорка - 3 балла; - Работа не выполнена- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	
6	8	Курсовая работа/проект	Выполнение курсовой работы часть 2	-	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Во второй курсовой работы студент должен выполнить оценку вероятности разрушения конструкции от однократной перегрузки и сделать оценку гамма-процентного ресурса по критерию усталостной долговечности. Указания по выполнению работы приведены в методическом пособии. Работа выполняется в системе MathCad. Шкала оценивания: - Работа выполнена правильно и в срок - 5 баллов; - Работа выполнена с несущественными ошибками, которые были в последствии исправлены- 4 балла; - Работа выполнена с грубыми ошибками, которые были в последствии исправлены, сдана после окончания сорка - 3 балла; - Работа не выполнена- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	курсовые работы
7	8	Курсовая работа/проект	Защита курсовой работы	-	5	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания	курсовые работы

					<p>результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). К защите допускаются студенты, выполнившие курсовую работу и подготовившие отчет. При защите курсовой работы баллы начисляются по качеству оформления отчета, презентации и доклада. 1. Отчет. Отчёт должен быть оформлен в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к отчётным материалам согласно ГОСТ 7.32-2017 "Отчет о научно-исследовательской работе". Текст отчёта набирается на компьютере (ПК) и оформляется в печатном виде. Он должен включать в себя титульный лист, листы заданий, оглавление, введение, основную часть, заключение, библиографический список и приложения (не обязательная часть). На титульном листе необходимо указывать все атрибуты работы и идентификационные сведения о студенте. После титульного листа представляется подписанное индивидуальное задание, график этапов проведения исследования. Далее следует аннотация и оглавление с указанием страниц. В отчёт в обязательном порядке включаются материалы согласно индивидуальному заданию, приводится список используемых источников информации. Отчет должен быть хорошо отредактирован и иллюстрирован графиками, диаграммами, схемами, рисунками. При оценке работы студента за время практики принимается во внимание содержание, объем и качество оформления. Критерии оценивания - отчет хорошо оформлен, содержит четкое и логичное изложение материала, написан грамотно- 5 баллов; - отчет содержит отдельные грамматические ошибки- 4 балла; - отчет плохо оформлен, содержит большое количество грамматических ошибок- 3 балла. Максимальное количество баллов за отчет – 5. Вес мероприятия - 1. 2. Презентация. Оценки за презентацию. 5 баллов - презентация содержит титульный слайд, цели, задачи, основную часть, выводы и полностью раскрывает суть выполненной работы, презентация качественно оформлена. 4 балла - презентация содержит титульный</p>
--	--	--	--	--	--

					<p>слайд, цели, задачи, основную часть, выводы, но недостаточно полно раскрывает суть выполненной работы. 3 балла - презентация содержит титульный слайд, задачи, основную часть, нет выводов по работе, презентация плохо оформлена. 2 балла - презентация содержит титульный слайд, основную часть, плохо оформлена, неясна суть выполненной работы. 1 балл - презентация содержит титульный слайд и отрывочные сведения о результатах выполненной работы. 0 баллов - презентация отсутствует. Максимальное количество баллов за презентацию – 5.</p> <p>Вес мероприятия - 1. 3. Доклад. Студент в установленные сроки сдаёт на кафедру отчёт. Дата и время защиты отчета устанавливаются кафедрой в соответствии с календарным графиком учебного процесса. Оценивание проходит в форме публичной защиты студентом отчета перед преподавателем. Защита отчета состоит в коротком докладе с презентацией (5-7 минут) студента и в ответах на вопросы по существу отчета. Оценка за доклад выставляется следующим образом: 5 баллов - доклад по выполненной работе четко выстроен; автор прекрасно ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы общенаучные и специальные термины, сделаны четкие выводы; обучающийся ответил четко и ясно на вопросы, заданные по результатам доклада. 4 балла - доклад четко выстроен, но есть неточности; автор ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы общенаучные и специальные термины, сделаны выводы; обучающийся ответил недостаточно четко и ясно на вопросы, заданные по результатам доклада. 3 балла - доклад объясняет суть работы, но не полностью отражает содержание работы; представленный демонстрационный материал не полностью используется докладчиком; показано владение только базовым аппаратом; выводы имеются, но не доказаны; студент слабо отвечает на заданные после защиты вопросы. 2 балла - доклад не объясняет суть работы; презентация содержит отрывочные</p>
--	--	--	--	--	---

						<p>сведения о результатах работы; не показано владение специальным и базовым аппаратом; выводы не доказаны; нет ответов на вопросы. 1 балл - доклад сделан, но демонстрационный материал (презентация) при докладе не использован. 0 баллов – доклад отсутствует</p> <p>Максимальное число баллов за доклад - 5 баллов. Вес мероприятия - 2. Оценка за защиту рассчитывается как сумма баллов за оформление отчета, за качество презентации и доклад, умноженных на весовые коэффициенты. Максимальное число баллов =20.</p> <p>Итоговая оценка за курсовую работу выставляется на основании рейтинга, рассчитанного по результатам трех мероприятий: ее выполнения в течение семестра (курсовая работа 1 часть, курсовая работа 2 часть), и по оценке за защиту.</p>	
10	8	Текущий контроль	Коллоквиум 3	1	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019).</p> <p>Коллоквиум проводится в форме письменной контрольной работы (45 минут). Билет включает два теоретических вопроса по теме «Задача статистической динамики». Шкала оценивания: - Даны правильные ответы на 2 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 2 вопроса с несущественными ошибками- 4 балла; - Дан правильный ответ на 1 вопрос- 3 балла; - Неи ни одного правильного ответа- 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	экзамен
11	8	Текущий контроль	Коллоквиум 4	1	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019).</p> <p>Коллоквиум проводится в форме письменной контрольной работы (45 минут). Билет включает два теоретических вопроса по теме «Прогнозирование усталостной долговечности». Шкала оценивания: -</p>	экзамен

						<p>Даны правильные ответы на 2 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 2 вопроса с несущественными ошибками- 4 балла; - Дан правильный ответ на 1 вопрос- 3 балла; - Неи ни одного правильного ответа- 0 баллов.</p> <p>Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	
12	7	Промежуточная аттестация	Экзамен 7 семестр	-	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Студент сдает экзамен в случае, если он хочет улучшить оценку, рассчитанную по рейтингу текущего контроля в течение семестра. Проводится письменно. К экзамену допускаются студенты, сдавшие домашние задания 1 и 3. Билет содержит 3 вопроса, охватывающих материал 7 семестра. На подготовку отводится 45 минут. Шкала оценивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Даны правильные ответы на 3 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 3 вопроса с несущественными ошибками - 4 балла; - Даны правильные ответы на 2 вопроса, возможно с несущественными ошибками - 3 балла; - Даны правильные ответы менее чем на 1 вопрос - 0 баллов; <p>Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.</p>	экзамен
13	8	Промежуточная аттестация	Экзамен 8 семестр	-	5	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Студент сдает экзамен в случае, если он хочет улучшить оценку, рассчитанную по рейтингу текущего контроля в течение семестра. Проводится письменно. К экзамену допускаются студенты, сдавшие домашние задания 1 и 3. Билет содержит 3 вопроса, охватывающих материал 8 семестра. На подготовку отводится 45 минут. Шкала оценивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Даны правильные ответы на 3 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 3 вопроса с несущественными ошибками 	экзамен

						- 4 балла; - Даны правильные ответы на 2 вопроса, возможно с несущественными ошибками - 3 балла; - Даны правильные ответы менее чем на на 1 вопрос - 0 баллов; Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	
--	--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). К экзамену допускаются студенты, сдавшие домашние задания 1 и 2. Экзаменационная оценка выставляется на основании рейтинга, рассчитанного по мероприятиям текущего контроля в течение семестра. Рейтинг 1-85 % "отлично", 75-84 % "хорошо", 60-75% "удовлетворительно, менее 60% - "неудовлетворительно". Студенты, желающие повысить оценку, сдают письменный экзамен. Билет содержит 3 вопроса, охватывающих материал 7 семестра. На подготовку отводится 45 минут. Шкала оценивания: - Даны правильные ответы на 3 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 3 вопроса с несущественными ошибками - 4 балла; - Даны правильные ответы на 2 вопроса, возможно с несущественными ошибками - 3 балла; - Даны правильные ответы менее чем на на 1 вопрос - 0 баллов; Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1. В этом случае итоговый рейтинг по дисциплине за 7 семестр рассчитывается в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы по рейтингу текущего контроля и рейтингу, полученному на промежуточной аттестации.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
экзамен	<p>При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). К экзамену допускаются студенты, сдавшие экзамен за 7 семестр на положительную оценку. Экзаменационная оценка выставляется на основании рейтинга, рассчитанного по мероприятиям текущего контроля в течение семестра. Рейтинг 1-85 % "отлично", 75-84 % "хорошо", 60-75% "удовлетворительно, менее 60% - "неудовлетворительно". Студенты, желающие повысить оценку, сдают письменный экзамен. Билет содержит 3 вопроса, охватывающих материал 8 семестра. На подготовку отводится 45 минут. Шкала оценивания: - Даны правильные ответы на 3 вопроса - 5 баллов; - Даны правильные ответы на 3 вопроса с несущественными ошибками - 4 балла; - Даны правильные ответы на 2 вопроса, возможно с несущественными ошибками -</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	3 балла; - Даны правильные ответы менее чем на на 1 вопрос - 0 баллов; Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1. В этом случае итоговый рейтинг по дисциплине за 7 семестр рассчитывается в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы по рейтингу текущего контроля и рейтингу, полученному на промежуточной аттестации.	
курсовые работы	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Оценка выставляется на основании рейтинга, рассчитанного по мероприятиям текущего контроля в течение семестра (выполнение 1 части курсовой работы, выполнение 2 части курсовой работы, защита курсовой работы). Рейтинг 1-85 % "отлично", 75-84 % "хорошо", 60-75% "удовлетворительно, менее 60% - "неудовлетворительно"	В соответствии с п. 2.7 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ										
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13
УК-1	Знает: способы поиска информации, необходимой для решения задач статистической механики					+	+				+	+
УК-1	Умеет: критически анализировать информацию о свойствах материалов и условиях работы конструкции					+	+				+	+
УК-1	Имеет практический опыт: навыками подготовки технической документации (пояснительной записки к курсовой работе)					+	+					
ПК-2	Знает: основные положения теорий случайных чисел и случайных процессов, а также статистической динамики	+	+	+	+			+	+	+		+
ПК-2	Умеет: обрабатывать экспериментальные данные, получать статистические характеристики случайных процессов; получать частотные передаточные функции линейных динамических систем	+		+	+			+	+	+		+
ПК-2	Имеет практический опыт: навыками использования пакета программ MathCad для обработки экспериментальных данных и получения функции спектральной плотности случайного процесса	+	+	+	+			+	+			
ПК-4	Знает: методы схематизации случайных процессов, методы расчетной оценки долговечности деталей при многоцикловом случайном нагружении							+	+			+
ПК-4	Умеет: выполнять схематизацию случайного процесса, получать расчетную оценку усталостной долговечности							+	+			+
ПК-4	Имеет практический опыт: получения расчетной оценки усталостной долговечности							+	+			+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Капур, К. Надежность и проектирование систем Пер. с англ. Е. Г. Коваленко; Под ред. И. А. Ушакова. - М.: Мир, 1980. - 604 с. ил.
2. Когаев, В. П. Прочность и износостойкость деталей машин [Текст] учеб. пособие для машиностр. спец. вузов В. П. Когаев, Ю. Н. Дроздов. - М.: Высшая школа, 1991. - 319 с. ил.
3. Светлицкий, В. А. Статистическая механика и теория надежности Учеб. по специальностям "Динамика и прочность машин", "Ракетостроение", "Косм. летат. аппараты и разгон. блоки" В. А. Светлицкий. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 503 с.

б) дополнительная литература:

1. Ротенберг, Р. В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода Р. В. Ротенберг. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1972. - 392 с. ил.
2. Болотин, В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1982. - 351 с. ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. И.Я. Березин, Е.Е. Рихтер, А.А. Абызов, Д.В. Хрипунов
Статистическая механика и надежность машин. Учебное пособие к курсовому проекту под ред. И.Я. Березина. – 3-е изд., расширенное и дополненное. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 60 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. И.Я. Березин, Е.Е. Рихтер, А.А. Абызов, Д.В. Хрипунов
Статистическая механика и надежность машин. Учебное пособие к курсовому проекту под ред. И.Я. Березина. – 3-е изд., расширенное и дополненное. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 60 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Свешников, А.А. Прикладные методы теории случайных функций. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 464 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/656
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Булинский, А.В. Теория случайных процессов. [Электронный ресурс] / А.В. Булинский, А.Н. Ширяев. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2004. — 401 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2125
3	Дополнительная	Электронно-	Стрижиус, В.Е. Методы расчета усталостной долговечности

	литература	библиотечная система издательства Лань	элементов авиаконструкций: справочное пособие. [Электронный ресурс] : справ. пособие — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2012. — 272 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5797
4	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	И. Я. Березин Сопротивление материалов. Усталостное разрушение металлов и расчеты на прочность и долговечность при переменных напряжениях [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / И. Я. Березин, О. Ф. Чернявский ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ 2003 http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000305276

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. 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
Лекции	336 (2)	Аудитория, оборудованная компьютером, экраном и доской для чтения мультимедийных лекций
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютерный класс, оборудованный рабочими местами с персональными компьютерами, с предустановленным программным обеспечением (Microsoft-Office, PTC-MathCAD), мультимедийным проектором, доской и экраном