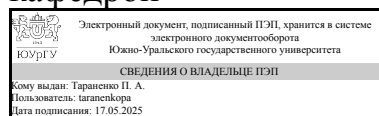


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



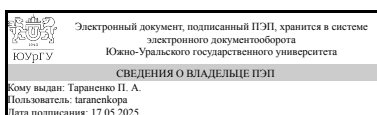
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.03 Динамика машин
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

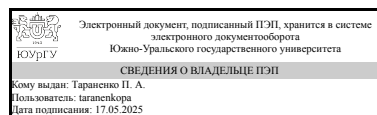
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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

Главной целью дисциплины является формирование умения комплексно решать инженерные задачи о динамике и прочности машиностроительных конструкций и изделий путем построения расчетной схемы, записи дифференциальных уравнений движения, выбора метода решения, последующего анализа результатов расчета, оценки прочности конструкции и выработки практических рекомендаций.

Достижение этой цели позволит выпускнику оценивать прочность машиностроительных конструкций при динамических воздействиях.

Краткое содержание дисциплины

Устойчивость механических систем. Устойчивость движения. Понятие устойчивости. Общая постановка задачи устойчивости по А.М. Ляпунову. Теоремы Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица. Устойчивость систем прямого регулирования: регулятор – турбина. Устойчивость простейшей модели крыла. Дивергенция и флаттер. Устойчивость иглы форсунки дизельного двигателя. Устойчивость пневмомеханической системы. Вихри Кармана. Груз на движущейся ленте. Динамика роторов. Устойчивость вращающегося вала. Критическая частота вращения. Самоцентрирование диска. Ротора жесткие и гибкие. Влияние гироскопического момента диска на критические частоты вращения ротора. Критические частоты вращения анизотропного ротора. Влияние веса диска при горизонтальном расположении ротора на его критические частоты. Влияние масляной пленки в подшипниках на устойчивость ротора. Влияние гистерезисных свойств вала на устойчивость ротора. Влияние венцовых, надбандажных и лабиринтных сил. Пороговая мощность турбоагрегата. Формы движения одномассового ротора. Автоколебания механических систем. Автоколебания. Классификация автоколебательных систем. Стационарные режимы и предельные циклы. Дельта-метод построения фазовых траекторий. Уравнения Рэлея и Ван-дер-Поля. Применение метода медленно меняющихся амплитуд. Хаотические колебания в динамических системах. Хаотическая динамика странного аттрактора. Разрывные автоколебания. Способ поэтапного интегрирования для кусочно-линейных систем. Система с сухим трением. Вынужденные колебания в автоколебательных системах. Явление синхронизации в природе и в технике. Динамика сосуществования видов. Параметрические колебания. Примеры параметрических колебаний. Энергетические соотношения. Уравнения параметрических колебаний. Диаграмма Айнса-Стретта. Влияние вязкого трения на параметрические колебания. Обращенный математический маятник. Сопоставление свойств силового и параметрического резонансов. Удар. Удар по пружине. Удар по буферу. Вертикальный удар по пружине. Вертикальный удар по балке. Модель "молот-наковальня". Распространение волн продольных деформаций. Задача С.П. Тимошенко. Изгибающий удар по балке. Учет местных и общих деформаций. Теория Герца о соударении массивных тел. Виброизоляция при ударном воздействии.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения	Планируемые результаты
---------------------------------	------------------------

ОП ВО (компетенции)	обучения по дисциплине
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: методы расчета критических частот роторов Умеет: выполнять расчет установившихся вынужденных колебаний роторов аналитически и численно Имеет практический опыт: применения пакета Ansys Workbench в части расчета критических частот и построения диаграммы Кэмпбелла
ПК-3 Способен использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для решения профессиональных задач; планировать и выполнять механические испытания элементов конструкций, обрабатывать и анализировать результаты	Знает: основные типы виброиспытаний Умеет: экспериментальным путем определять собственные частоты и формы конструкций Имеет практический опыт: виброиспытаний конструкций при синусоидальном, случайном и ударном возбуждении

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Статистическая механика, Аналитическая динамика, Теория колебаний континуальных систем, Экспериментальная механика, Анализ механической системы твердых тел, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Строительная механика оболочек, Теория колебаний, Основы расчетов на прочность в инженерной практике, Строительная механика пластин	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Экспериментальная механика	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
Основы расчетов на прочность в инженерной практике	Знает: 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, современные подходы, в том числе, математические модели к определению предельных состояний элементов конструкций, возникающие при однократном, повторно-переменном и длительном (при повышенной температуре) нагружении Умеет: определять предельные состояния, включая образование трещин, на основе классических и технических теорий и методов, современных адекватных физико- -механических, математических и компьютерных моделей, применять современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей реализации предельных состояний изделий в условиях однократного, повторно- -переменного и длительного нагружения Имеет практический опыт: решения задач, связанных с определением различных предельных состояний, обладать навыками применения адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей, 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
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	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 конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа систем твердых тел, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для цифрового компьютерного моделирования динамических систем
Теория колебаний	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 установившихся колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы
Статистическая механика	Знает: методы схематизации случайных процессов, методы расчетной оценки долговечности деталей при многоцикловом случайном нагружении, основные положения теорий случайных чисел и случайных процессов, а также статистической динамики, способы поиска информации, необходимой для решения задач статистической механики Умеет: выполнять схематизацию случайного процесса, получать расчетную оценку усталостной долговечности, обрабатывать экспериментальные данные, получать статистические характеристики случайных процессов; получать частотные передаточные функции линейных динамических систем, критически анализировать информацию о свойствах материалов и условиях работы конструкции Имеет практический опыт: получения расчетной оценки усталостной долговечности, навыками использования пакета программ MathCad для обработки экспериментальных данных и получения функции спектральной плотности случайного процесса, подготовки технической документации
Строительная механика пластин	Знает: возможности современных численных методов решения задач о пластинах, основные гипотезы технической теории пластин Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей, записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин, получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах о пластинах
Аналитическая динамика	Знает: основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные

	понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем Умеет: выполнять расчет собственных частот и собственных форм малых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, классифицировать механическую систему на основании выявления наложенных связей и записи их уравнений; определять число степеней свободы механической системы; записывать уравнения движения; составлять и решать характеристическое уравнение; устанавливать характер движения механической системы (колебательный или неколебательный), ставить и решать задачи о движении и равновесии материальных объектов, конструкций и сооружений Имеет практический опыт: расчета установившихся и неустойчивых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, записи дифференциальных уравнений движения в прямой форме, обратной форме, с помощью уравнений Лагранжа второго рода, анализа результатов решения задач динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях
Анализ механической системы твердых тел	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
Строительная механика оболочек	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
Теория колебаний континуальных систем	Знает: методы расчета собственных и вынужденных колебаний нелинейных систем с одной степенью свободы, методы расчета собственных и вынужденных колебаний систем с распределенной массой. Умеет: выполнять численное интегрирование уравнений движения нелинейных систем с одной степенью свободы, решать задачи об определении собственных частот и форм колебаний механических систем с распределенной массой. Имеет практический опыт: применения пакета Mathcad для расчета собственных и вынужденных колебаний систем с распределенной массой, применения пакета Ansys Workbench для расчета собственных и вынужденных колебаний систем с распределенной массой

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам 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>	51,5	51,5
Подготовка к экзамену	51,5	51,5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
01	Устойчивость механических систем	12	6	6	0
02	Динамика роторов	12	4	8	0
03	Автоколебания механических систем	12	4	8	0
04	Параметрические колебания	4	2	2	0
05	Удар	8	8	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
01	01	Понятие устойчивости равновесия. Общее понятие устойчивости движения. Общая постановка задачи об устойчивости по А.М. Ляпунову. Определение устойчивости по А.М. Ляпунову. Геометрическая интерпретация устойчивости по А.М. Ляпунову. Некоторые особенности определения устойчивости по А.М. Ляпунову.	2
02	01	Теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Условие устойчивости линейных систем.	2
03	01	Карта корней характеристического уравнения. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица.	2
04	02	Уравнения движения вращающегося вала с диском. Диаграмма Кэмпбелла. Влияние гироскопических моментов на собственные частоты ротора	2
05	02	Виды прецессии ротора. Динамика симметричного одномассового ротора. Явление самоцентрирования.	2
06	03	Об автоколебательных системах. Системы с мягким и жестким самовозбуждением. Уравнения Рэля и Ван-дер-Поля. Дельта-метод построения фазовых траекторий.	2
07	03	Исследование уравнений Рэля и Ван-дер-Поля методом медленно меняющихся амплитуд	2
08	04	Введение. Примеры параметрических колебаний. Энергетические соотношения. Уравнения параметрических колебаний	2
09	05	Введение. Удар по пружине. Удар по буферу. Вертикальный удар по пружине.	2
10	05	Виброизоляция при ударном нагружении	2
11	05	Распространение волн продольных деформаций	2
12	05	Задача С.П. Тимошенко. Изгибающий удар по балке. Учет местных и общих деформаций.	1
13	05	Теория Герца о соударении массивных тел	1

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
01	01	Устойчивость простейшей модели крыла. Дивергенция и флаттер.	2
02	01	Устойчивость систем прямого регулирования: регулятор – турбина (регулятор Уатта). Устойчивость иглы форсунки дизельного двигателя.	2
03	01	Решение задачи о флаттере в пакете MathCAD	2
04	02	Устойчивость вращающегося одномассового ротора.	2
05	02	Критические скорости анизотропно упругих роторов. Влияние веса диска на критические частоты ротора. Влияние гистерезисных свойств вала на критические состояния ротора.	2
06	02	Самовозбуждающиеся колебания ротора. Влияние масляной пленки на критические состояния ротора. О прецессии ротора под действием сил со стороны масляного слоя. О прецессии ротора под действием венцовых сил. Надбандажные и лабиринтные силы. Пороговая мощность турбины.	2
07	02	Решение задачи динамики ротора в пакете MathCAD	2
08	03	Колебания груза на движущейся ленте	2
09	03	Синхронизация в природе и технике	2
10	03	Разрывные (релаксационные) автоколебания. Колебания двухмассовой системы с сухим трением	2

11	03	Решение задачи о колебаниях груза на движущейся ленте в пакете Amesim	2
12	04	Диаграмма Айнса-Стретта. Влияние вязкого трения на параметрические колебания. Обращенный математический маятник. Сопоставление свойств силового и параметрического резонансов.	2

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
Подготовка к экзамену	Основная литература: [4], Глава 1; [5], стр. 298-304; [6], стр. 113-118; [8], Глава 3; [9], стр. 153-157, [1], стр. 354-360, 364, 368-372; [2], стр. 343, 380; [6], стр. 207-211; [9], стр. 347, [2], [1], стр. 75, 298-302; [7]; [9], стр. 240; дополнительная литература: [1-4]; методические пособия [1]; учебно-методические материалы в электронном виде [1-3].	8	51,5

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	8	Текущий контроль	Тестирование по разделу "Устойчивость движения"	1	12	Проводится компьютерное тестирование по вопросам. В тесте 12 вопросов. Один правильный ответ - один балл. Максимальная оценка за тест составляет 12 баллов.	экзамен
2	8	Текущий контроль	Тестирование по разделу "Динамика роторов"	1	12	Проводится компьютерное тестирование по вопросам. В тесте 12 вопросов. Один правильный ответ - один балл. Максимальная оценка за тест составляет 12 баллов.	экзамен
3	8	Текущий контроль	Тестирование по разделу "Автоколебания"	1	12	Проводится компьютерное тестирование по вопросам. В тесте 12 вопросов. Один правильный ответ - один балл. Максимальная оценка за тест составляет 12 баллов.	экзамен

4	8	Текущий контроль	Тестирование по разделу "Параметрические колебания"	1	12	Проводится компьютерное тестирование по вопросам. В тесте 12 вопросов. Один правильный ответ - один балл. Максимальная оценка за тест составляет 12 баллов.	экзамен
5	8	Текущий контроль	Тестирование по разделу "Ударное нагружение"	1	12	Проводится компьютерное тестирование по вопросам. В тесте 12 вопросов. Один правильный ответ - один балл. Максимальная оценка за тест составляет 12 баллов.	экзамен
6	8	Промежуточная аттестация	экзамен	-	40	На подготовку ответов на экзаменационные вопросы отводится 120 минут. Каждый билет состоит из 5 вопросов (по одному вопросу на каждый раздел дисциплины). Ответ на каждый вопрос оценивается по 4-балльной шкале. Вопросы для подготовки к экзамену приведены в прилагаемых файлах. Шкала оценивания. 4 балла - дан правильный ответ на вопрос без ошибок. 3 балла - дан правильный ответ на вопрос с небольшими ошибками 2 балла - ответ на вопрос содержит существенные ошибки 1 балл - предпринята попытка ответить на вопрос, но ответ неверный 0 баллов - ответ на вопрос отсутствует. Максимальное число баллов - 20. Вес мероприятия - 2. Итоговое число баллов на экзамене - 40.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Баллы, набранные на экзамене, суммируются с баллами, набранными в семестре. Максимальное число баллов в семестре - 60. Максимальное число баллов на экзамене - 40. Определяется итоговый рейтинг. Выставляется оценка Отлично: Итоговый рейтинг 85-100% Хорошо: Итоговый рейтинг 74-85% Удовлетворительно: Итоговый рейтинг 60-74% Неудовлетворительно: Итоговый рейтинг 0-59%	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-2	Знает: методы расчета критических частот роторов	+					+
ПК-2	Умеет: выполнять расчет установившихся вынужденных колебаний роторов аналитически и численно	+					+
ПК-2	Имеет практический опыт: применения пакета Ansys Workbench в части расчета критических частот и построения диаграммы Кэмпбелла	+					+

ПК-3	Знает: основные типы виброиспытаний				+	+	+	+
ПК-3	Умеет: экспериментальным путем определять собственные частоты и формы конструкций	+			+	+	+	+
ПК-3	Имеет практический опыт: виброиспытаний конструкций при синусоидальном, случайном и ударном возбуждении						+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Политехника, 1990. - 272 с. ил.
2. Бабаков, Н. А. Теория автоматического управления Ч. 1 Теория линейных систем автоматического управления Учеб. для вузов по спец."Автоматика и телемеханика": В 2-х ч. Под ред. А. А. Воронова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 367 с. ил.
3. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний Текст Учебник для вузов по спец."Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
4. Алфутов, Н. А. Устойчивость движения и равновесия Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и систем упр. Н. А. Алфутов, К. С. Колесников; Под ред. К. С. Колесникова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 252,[1] с.
5. Меркин, Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения Учеб. пособие Д. Р. Меркин. - 4-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2003. - 304 с.
6. Костюк, А. Г. Динамика и прочность турбомашин Учеб. для вузов по специальности "Газотурбин., паротурбин. установки и двигатели" А. Г. Костюк. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2000. - 478,[1] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Ильин, М. М. Теория колебаний Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и приборостроения М. И. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов; Под ред. К. С. Колесникова; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки"; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 271 с. ил.
2. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 1 Учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ, 1994. - 307 с. ил.
3. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 2 Учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. - 262,[1] с. ил.
4. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современ. концепции, парадоксы и ошибки. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1979. - 384 с. ил.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Аналитическая динамика и теория колебаний: учебное пособие / В.А. Романов, П.А. Тараненко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Аналитическая динамика и теория колебаний: учебное пособие / В.А. Романов, П.А. Тараненко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simploter, Designer, PowerArtist, RedHawk)(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)	Компьютерный класс – 12 шт. Компьютеры Intel Pentium Core i5, 8 Гб ОЗУ, 512 Мб HDD, монитор Acer 20", клавиатура, мышь, предустановленное лицензионное ПО Solidworks, Ansys, MathCAD
Лекции	336 (2)	Проектор, экран.
Экзамен	336 (2)	Проектор, экран