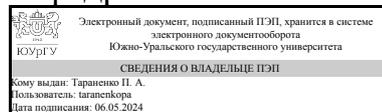


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



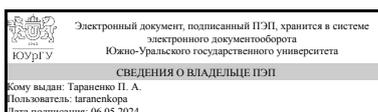
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.04 Цифровые методы анализа динамики конструкций для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

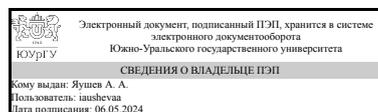
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



А. А. Яушев

1. Цели и задачи дисциплины

Развитие у студентов представления о месте и роли расчетных и экспериментальных методов динамики машин при построении и анализе основных физических моделей, при проведении модальных и вибропрочностных испытаний. Приобретение опыта творческой работы по выбору адекватных расчетных схем разнообразных объектов и интерпретации их поведения. Приобретение опыта по планированию и проведению экспериментов, анализа их результатов и построения компьютерных моделей. Формирование умения комплексно решать инженерные задачи о динамике машин путем построения расчетной схемы, записи дифференциальных уравнений движения, выбора метода решения, последующего анализа результатов расчета, экспериментальной оценки динамических характеристик, сравнения результатов расчета и эксперимента и выработки практических рекомендаций. Достижение этих целей позволит выпускнику оценивать прочность различных конструкций при вибрационных воздействиях и строить адекватные динамические модели механических систем.

Краткое содержание дисциплины

Основные задачи динамики машин; построение расчетных схем и математических моделей. Вибрационные, ударные воздействия и переходные процессы в конструкциях, машинах, оборудовании и аппаратуре. Характеристики внешних динамических воздействий. Единицы измерения вибраций и шума. Расчетный и экспериментальный модальный анализ. Метод суперпозиции мод. Определение координат полюсов и вычетов систем со многими степенями свободы. Изучение программ Simcenter Amesim Student и ANSYS WB для анализа динамики конструкций. Оптимизация параметров модели. Способы возбуждения и измерения колебаний. Обзор оборудования, аппаратуры и программного обеспечения для модального анализа. Определение собственных частот, форм и декрементов колебаний по результатам модальных испытаний. Оценка отклика объектов на действие виброударных нагрузок. Системы виброударозащиты объектов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты 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: критерии устойчивости движения механических систем Умеет: оценивать устойчивость движения механических систем Имеет практический опыт: использования пакета имитационного моделирования Matlab/Simulink для решения задач о колебаниях динамических систем
ПК-3 Способен использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для решения профессиональных задач; планировать и выполнять механические испытания элементов конструкций, обрабатывать и анализировать результаты	Знает: методы исследования автоколебательных систем Умеет: интегрировать уравнения движения автоколебательных систем и анализировать результаты расчета Имеет практический опыт: использования пакета

	имитационного моделирования Amesim для решения задач о колебаниях динамических систем
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Строительная механика пластин, Теория колебаний континуальных систем, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Теория колебаний, Основы расчетов на прочность в инженерной практике, Строительная механика оболочек, Нестандартные задачи сопротивления материалов, Аналитическая динамика, Анализ механической системы твердых тел, Экспериментальная механика, Практикум по кинематике и динамике твердых тел, Статистическая механика, Практикум по виду профессиональной деятельности	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Основы расчетов на прочность в инженерной практике	Знает: современные подходы, в том числе, математические модели к определению 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 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

	<p>моделей 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>
<p>Практикум по виду профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: способы поиска и возможные источники информации по профессиональной тематике, основы численных методов решения задач статики и динамики деформируемого тела, возможные постановки задач в области прикладной механики Умеет: критически анализировать информацию, доступную в профессиональных публикациях, для конкретизации задач исследования, выбирать численные методы для расчета напряженно-деформированного состояния конструкций различных типов, выбирать особенности применения численных методов в конкретных задачах, выбирать способы компьютерной реализации рассматриваемых методов Имеет практический опыт: подготовки обзора литературы с формулировкой целей и задач исследования, подготовки соответствующего доклада, решения задач прочности типовых конструкций с использованием численных методов, использования нормативной документации для интерпретации результатов расчетов, применения современных пакетов программ (CAE) для моделирования конструкций с достаточным уровнем адекватности</p>
<p>Экспериментальная механика</p>	<p>Знает: теоретические основы методов экспериментального определения напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний, устройство современного оборудования для исследования напряжений, деформаций, перемещений, усилий и колебаний Умеет: выполнять оценку напряженно-деформированного состояния, нагруженности и прочности деформируемых элементов машин и конструкций от действия механических, тепловых и других нагрузок, определять базовые количественные значения деформаций и напряжений в «реперных (контрольных)» точках конструкции для последующей проверки точности выполняемых расчетных исследований Имеет практический опыт: решения задач оценки деформаций, перемещений, температур и колебаний, обработки и анализа результатов, полученных экспериментальными методами</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</p> <p>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</p> <p>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 пластин	<p>Знает: основные гипотезы технической теории пластин, возможности современных численных методов решения задач о пластинах</p> <p>Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин, выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей</p> <p>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</p>
Теория колебаний	<p>Знает: базовые фундаментальные, естественнонаучные положения теории колебаний, основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем</p> <p>Умеет: 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</p> <p>Имеет практический опыт: выполнять расчет установившихся 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>
Аналитическая динамика	<p>Знает: основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные</p>

	<p>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</p>
Анализ механической системы твердых тел	<p>Знает: компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел, теоретические основы и методы компьютерного моделирования Умеет: выполнять кинематический и динамический анализ механической системы, разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа механических систем, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел</p>
Строительная механика оболочек	<p>Знает: основные гипотезы технической теории оболочек, возможности современных численных методов решения задач об оболочках Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние оболочек, 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 об оболочках, применения соответствующих численных методов для определения</p>

	напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	<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 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>
Практикум по кинематике и динамике твердых тел	<p>Знает: основные понятия и законы кинематики и динамики твердого тела и механической системы, методы кинематического и динамического анализа механической системы, фундаментальные понятия кинематики и динамики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности Умеет: решать типовые задачи кинематики и динамики материальных объектов, анализировать полученный результат, применять теоремы кинематики, общие теоремы и принципы динамики к исследованию движения твердого тела и механической системы Имеет практический опыт: применения методов кинематического и динамического анализа для математического описания движения материальных объектов и решения полученных математических моделей, математического моделирования кинематического и динамического состояния механических систем и анализа полученных результатов</p>
Нестандартные задачи сопротивления материалов	<p>Знает: основные гипотезы механики деформируемого тела и, в частности, сопротивления материалов, основы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по допускаемым нагрузкам, общие закономерности неупругого однократного и повторно-переменного деформирования материалов Умеет: выделять круг задач, в которых особенности рассматриваемых процессов требуют применения специфических методов анализа, формулировать возможные задачи: определение предельных нагрузок, перемещений, остаточных напряжений, записывать системы уравнений и неравенств, описывающих неупругое деформирование конструкций Имеет практический опыт: формулировки задач расчетов за пределами упругости, определения</p>

	перечня возможных результатов, 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
Статистическая механика	Знает: способы поиска информации, необходимой для решения задач статистической механики, основные положения теорий случайных чисел и случайных процессов, а также статистической динамики, методы схематизации случайных процессов, методы расчетной оценки долговечности деталей при многоцикловом случайном нагружении Умеет: критически анализировать информацию о свойствах материалов и условиях работы конструкции, обрабатывать экспериментальные данные, получать статистические характеристики случайных процессов; получать частотные передаточные функции линейных динамических систем, выполнять схематизацию случайного процесса, получать расчетную оценку усталостной долговечности Имеет практический опыт: подготовки технической документации, навыками использования пакета программ MathCad для обработки экспериментальных данных и получения функции спектральной плотности случайного процесса, получения расчетной оценки усталостной долговечности

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 40,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36
Лекции (Л)	12	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	31,75	31,75
Задание 1	8	8
Задание 2	8	8

Задание 3	8	8
Подготовка к зачету	7,75	7.75
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Расчетный модальный анализ	12	4	8	0
2	Программные пакеты для анализа динамики конструкции	14	4	10	0
3	Экспериментальный модальный анализ	10	4	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в курс. Обзор литературы посвященной созданию динамических математических моделей, расчетный и экспериментальный модальный анализ. Расчетное определение собственных частот и форм системы с двумя и более степенями свободы. Метод суперпозиции мод.	2
2	1	Расчетный модальный анализ. Колебания в неконсервативных системах. Понятие координаты полюса и вычета для системы с одной и несколькими степенями свободы. Нормальные и комплексные моды. Связь вычетов и форм мод.	2
3	2	Знакомство с программой Simcenter Amesim Student. Решение задач динамики. Динамическое гашение колебаний.	2
4	2	Параметрическая модель в программе ANSYS WB. Оптимизация параметров модели в программе ANSYS WB.	2
5	3	Экспериментальный модальный анализ. Способы возбуждения и измерения колебаний.	2
6	3	Быстрое преобразование Фурье. Определение собственных частот, форм и декрементов колебаний по результатам модальных испытаний.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Собственные колебания системы с двумя и более степенями свободы. Метод суперпозиции мод.	2
2	1	Колебания в неконсервативных системах. Определение модальной частоты (координаты полюса) неконсервативной системы с одной степенью свободы. Определение координат полюсов и вычетов систем с двумя и более степенями свободы.	2
3	1	Вынужденные колебания систем с двумя и более степенями свободы.	2
4	1	Сравнение методов суперпозиции мод консервативной и неконсервативной систем на примере системы с четырьмя степенями свободы.	2
5	2	Знакомство с программой Simcenter Amesim Student. Разбор примеров задач	2

		в программе Simcenter Amesim Student.	
6	2	Решение задач динамики в программе Simcenter Amesim Student.	2
7	2	Динамическое гашение колебаний. Моделирование эффекта антирезонанса в программе Simcenter Amesim Student.	2
8	2	Модальный и гармонический анализ в программе ANSYS WB. Создание параметрических моделей,	2
9	2	Оптимизация параметров модели в программе ANSYS WB.	2
10	3	Определение собственных частот и форм механической системы с использованием ударного молотка и модального вибростенда.	2
11	3	Определение декремента колебаний по результатам модальных испытаний. Быстрое преобразование Фурье.	2
12	3	Лабораторная работа. Экспериментальное определение собственных частот и форм балки.	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
Задание 1	Основная литература [1-3], дополнительная литература [3], методические пособия в электронном виде [1], учебно-методические материалы в электронном виде [1]	8	8
Задание 2	Основная литература [1-3], дополнительная литература [3], методические пособия в электронном виде [1], учебно-методические материалы в электронном виде [1]	8	8
Задание 3	Основная литература [1-3], дополнительная литература [3], методические пособия в электронном виде [1], учебно-методические материалы в электронном виде [1]	8	8
Подготовка к зачету	Основная литература [1-3], дополнительная литература [1-3], методические пособия в электронном виде [1], учебно-методические материалы в электронном виде [1]	8	7,75

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

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

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	8	Текущий контроль	Задание 1. Колебания в консервативной и неконсервативной системах	1	20	Состоит из четырех задач. 20 баллов – задание выполнено полностью, даны правильные ответы на дополнительные вопросы; 16-19 баллов – задание выполнено полностью, но имеются незначительные ошибки и (или) даны неверные ответы на дополнительные вопросы; 11-15 баллов – правильно выполнено три из четырех задач; 6-10 баллов – правильно выполнено две из четырех задачи; 1-5 баллов – правильно выполнено одна из четырех задача. 0 баллов – задание не выполнено.	зачет
2	8	Текущий контроль	Задание 2. Динамическое гашение колебаний (антивибратор).	1	20	20 баллов - задача об антивибраторе решена полностью в Amesim и в MathCAD, даны правильные ответы на дополнительные вопросы; 19-16 баллов - задача об антивибраторе решена полностью в Amesim и в MathCAD, но имеются незначительные ошибки и (или) даны неверные ответы на дополнительные вопросы; 11-15 баллов - задача об антивибраторе решена полностью только в MathCAD или Amesim; 6-10 баллов - определены АЧХ в MathCAD и Amesim в системе с антивибратором; 1-5 баллов - определены АЧХ в MathCAD и Amesim в системе без антивибратора; 0 баллов - задание не выполнено полностью.	зачет
3	8	Текущий контроль	Задание 3. Оптимизация параметров балки	1	20	Состоит из четырех задач. 20 баллов – задание выполнено полностью, даны правильные ответы на дополнительные вопросы; 16-19 баллов – задание выполнено полностью, но имеются незначительные ошибки и (или) даны неверные ответы на дополнительные вопросы; 11-15 баллов – правильно выполнено три из четырех задач; 6-10 баллов – правильно выполнено две из четырех задачи; 1-5 баллов – правильно выполнено одна из четырех задача. 0 баллов – задание не выполнено.	зачет
4	8	Проме-жуточная аттестация	Зачет	-	40	Билет включает в себя два вопроса. Правильность ответа на каждый вопрос оценивается по 15-балльной шкале, плюс дополнительный вопрос, который оценивается по 10-балльной шкале	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Для допуска на зачет необходимо сдать три задания. Билет включает в себя два вопроса. Правильность ответа на каждый вопрос оценивается по 15-балльной шкале, плюс дополнительный вопрос, который оценивается по 10-балльной шкале. Итоговая оценка (зачет) выставляется по сумме баллов за задания и зачет. Всего 100 баллов. Зачет: 60-100 баллов Незачет: менее 60 баллов	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-2	Знает: критерии устойчивости движения механических систем	+			+
ПК-2	Умеет: оценивать устойчивость движения механических систем	+		++	
ПК-2	Имеет практический опыт: использования пакета имитационного моделирования Matlab/Simulink для решения задач о колебаниях динамических систем	+	++		
ПК-3	Знает: методы исследования автоколебательных систем				+
ПК-3	Умеет: интегрировать уравнения движения автоколебательных систем и анализировать результаты расчета			++	
ПК-3	Имеет практический опыт: использования пакета имитационного моделирования Amesim для решения задач о колебаниях динамических систем		+		

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

- Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний [Текст] Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
- Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Политехника, 1990. - 272 с. ил.
- Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов Учеб. для вузов. - 10-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 590,[1] с.

б) дополнительная литература:

- Ильин, М. М. Теория колебаний Учеб. для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов в области машиностроения и приборостроения М. М. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов; Под ред. К. С. Колесникова. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 271 с.
- Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 1 Учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ, 1994. - 307 с. ил.

3. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; Под ред. Э. И. Григолюка. - М.: Машиностроение, 1985. - 472 с. Ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Романов В.А., Тараненко П.А. Аналитическая динамика и теория колебаний. Учебное пособие // Челябинск: ЮУрГУ. – 2019.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Стрелков, С.П. Введение в теорию колебаний. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2005. — 440 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/603 - Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гуськов, А.М. Свободные колебания консервативных нелинейных систем с одной степенью свободы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.М. Гуськов, С.В. Ярьско, С.В. Ярьско. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 44 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52456 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, 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)	Компьютер, проектор, MathCAD, ANSYS, Solidworks
Лекции	336	Компьютер, проектор

