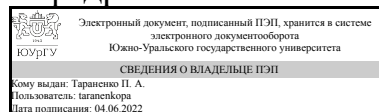


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



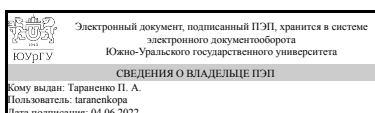
П. А. Тараненко

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М1.08 Расчетно-экспериментальное моделирование динамики машин  
**для направления** 15.04.03 Прикладная механика  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Цифровое производство высокотехнологичных изделий из новых материалов  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Техническая механика

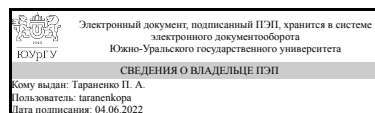
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

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

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 современной техники и интерпретации их поведения. Приобретение опыта проведения экспериментов, анализа их результатов и построения компьютерных моделей, верифицированных результатами испытаний. 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, экспериментальной оценки динамических характеристик, оценки прочности конструкции и выработки практических рекомендаций. Достижение этих целей позволит выпускнику оценивать прочность машиностроительных 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. Анализ несущих и промежуточных конструкций. Единицы измерения вибраций и шума. Излучение шума; распространение шума; влияние шума и вибрации на человеческий организм. Защита человека от вибрации. Постановка задачи виброударозащиты машин; динамические модели для решения задач виброударозащиты во временной и частотной областях. Оценка отклика объектов на действие виброударных нагрузок. Прямые и идентификационные методы построения динамических моделей машин, оборудования и аппаратуры. Системы виброударозащиты объектов. Структура систем виброударозащиты. Методы исследования пассивных и активных систем виброударозащиты. Оптимизация систем виброударозащиты. Определение оптимального управления виброизолируемыми объектами. Активные и регулируемые системы виброзащиты. Защита машин, оборудования и аппаратуры от нестационарных вибраций. Динамические расчеты рабочих режимов и балансировка роторных машин. Вибрация трубопроводов, кабелей и других протяженных сетей. Ветровой резонанс башенных сооружений. Критерии качества систем виброударозащиты. Виброизоляция. Управляемые системы виброизоляции. Динамическое гашение колебаний. Способы возбуждения вибрации, режимы вибронагружения и схемы виброиспытаний.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе	Знает: основные расчетные и экспериментальные методы исследования динамики машин

<p>профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, а также экспериментальные методы исследований</p>	<p>Умеет: получать расчетным путем перемещения, скорости и ускорения изделия при гармонических, случайных и ударных нагрузках Имеет практический опыт: владения конечноэлементным пакетом Ansys Workbench для расчета гармонических, ударных и случайных колебаний механических систем</p>
<p>ПК-2 Готовность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике, прочности и надежности машин и приборов, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов</p>	<p>Знает: современные конечноэлементные методы расчета динамики роторов Умеет: получать экспериментальным путем перемещения, скорости и ускорения изделия при гармонических, случайных и ударных нагрузках Имеет практический опыт: владения современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения модальных и вибропрочностных испытаний</p>

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Компьютерное моделирование в механике, Деформационные свойства материалов при неупругом циклическом деформировании, Имитационное моделирование, Цифровые двойники динамических систем, Реологические свойства материалов при циклическом деформировании, Механика композитных материалов, Мониторинг состояния конструкций</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
Цифровые двойники динамических систем	<p>Знает: основные расчетные и экспериментальные методы исследования динамических свойств изделий, критерии подтверждения (проверки) адекватности создаваемой модальной математической модели Умеет: определять динамические свойства изделий при виброиспытаниях и экспериментальном модальном анализе, создавать математическую модель динамической системы, верифицированную результатами модальных испытаний Имеет практический опыт: современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения и обработки результатов модальных и вибропрочностных испытаний, методами корректировки (уточнения) расчетной модальной математической модели по экспериментальным данным</p>
Компьютерное моделирование в механике	Знает: возможности современных систем

	<p>компьютерного инжиниринга (CAE), роль компьютерного моделирования в общей системе расчетно-экспериментального изучения прочности конструкций; способы построения профессиональной траектории с учетом накопленного опыта и динамично изменяющихся требований рынка труда, основной набор расчетно-теоретических и экспериментальных методов исследования задач прочности конструкций Умеет: применять CAE-системы для решения профессиональных задач, искать информацию о развивающихся возможностях систем математического (численного) моделирования поведения конструкций, осваивать и применять их на практике, выбирать методы и средства компьютерного моделирования с учетом основных особенностей рассматриваемой задачи Имеет практический опыт: расчетов напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций с помощью современных пакетов программ, сравнения различных возможных подходов к решению задач прочности конкретных конструкций, применения вычислительных технологий в задачах описания повторно-переменного неизотермического неупругого деформирования и разрушения конструкций</p>
<p>Реологические свойства материалов при циклическом деформировании</p>	<p>Знает: основные эффекты, методы и испытательное оборудование для их экспериментального изучения, а также существующие математические модели реологии, применимые в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, современные подходы, в том числе, математические модели, к анализу напряженно-деформированного состояния реономных материалов в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре Умеет: проводить экспериментальные исследования и применять математические модели деформирования склерономного и реономного материала для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, применять в профессиональной деятельности современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей деформирования реономных материалов Имеет практический опыт: проведения экспериментальных исследований и расчетов, а также навыки использования пакетов прикладных программ для оценки напряженно-деформированного состояния элементов</p>

	<p>конструкций с учетом реологических свойств материала при монотонном и циклическом нагружении, использования пакетов прикладных программ, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности и жесткости элементов конструкций</p>
<p>Деформационные свойства материалов при неупругом циклическом деформировании</p>	<p>Знает: основные эффекты, методы и испытательное оборудование для их экспериментального изучения, а также существующие математические модели теории пластичности и ползучести, применимые в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, современные подходы, в том числе, математические модели, к анализу напряженно-деформированного состояния конструкционных материалов за пределами упругости с учетом вязкой составляющей в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре Умеет: проводить экспериментальные исследования и применять математические модели деформирования неупругого материала для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, применять в профессиональной деятельности современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей деформирования металлических конструкционных материалов, элементов конструкций в условиях монотонного и циклического нагружения Имеет практический опыт: проведения экспериментальных исследований и расчетов, а также навыки использования пакетов прикладных программ для оценки напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с учетом ползучести при монотонном и циклическом нагружении, использования пакетов прикладных программ, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности и жесткости элементов конструкций; выполнения интерпретации и представления полученных результатов</p>
<p>Мониторинг состояния конструкций</p>	<p>Знает: методы и средства технического диагностирования как средства повышения экономичности и надежности конструкции в процессе проектирования и эксплуатации, современные автоматизированные системы технической диагностики объектов, методы технической диагностики, особенности оценки технического состояния диагностируемых систем, алгоритмы и техническое обеспечение</p>

	<p>систем диагностики Умеет: пользоваться методикой оценки остаточного ресурса оборудования и поиска неисправностей на основе данных мониторинга; формулировать задачу и способ ее решения, пользоваться методами и средствами технической диагностики для проведения научно-исследовательских, расчетных и экспериментальных работ по динамике, прочности и надежности машин и приборов., оценивать эффективность автоматизированных системам технической диагностики в общей структуре АСУ ТП Имеет практический опыт: по выбору метода и средств мониторинга состояния объекта; выбор диагностических параметров и критериев работоспособности, использования новых современных методов и средств проведения диагностики объектов в области прикладной механики и обобщать результаты мониторинга, использования современных средств измерений, программных продуктов, предназначенных для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга</p>
<p>Механика композитных материалов</p>	<p>Знает: современные коммуникативные технологии; основные принципы подготовки доклада и презентации, общие принципы и методы математического компьютерного моделирования в области композитных материалов и конструкций; современные технологии производства композитных материалов и конструкций; методы испытаний композитов, особенности структуры и свойств композитных материалов по сравнению с традиционными конструкционными материалами; современные методы математического моделирования в области использования композитных материалов и конструкций на микро-, мезо- и макроуровне рассмотрения неоднородностей структуры и свойств , вычислительные методы и компьютерные технологии для решения научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности Умеет: применять современные коммуникативные технологии, понимать технические тексты на иностранном языке, применять физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии в профессиональной деятельности для описания свойств композитных материалов и конструкций, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях композитных материалов и конструкций; оценивать эффективность и результативность</p>

	выбранных методов методов, уметь выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат Имеет практический опыт: подготовки доклада на заданную тему и презентации; восприятия видео по тематике курса на иностранном языке; чтения технических текстов на иностранном языке, применения физико-математического аппарата, методов математического и компьютерного моделирования для разработки компьютерной модели композитного материала, использования методов математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях композитных материалов и конструкций
Имитационное моделирование	Знает: виды и способы создания математических моделей материалов и конструкций Умеет: разрабатывать математические модели для систем, объектов, процессов и физических явлений Имеет практический опыт: реализации математических моделей на ЭВМ

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 96,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	4
Общая трудоёмкость дисциплины	180	108	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	84	48	36
Лекции (Л)	28	16	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	56	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	83,25	53,75	29,5
Подготовка к зачету	53,75	53,75	0
Подготовка к экзамену	29,5	0	29,5
Консультации и промежуточная аттестация	12,75	6,25	6,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
01	Виброиспытания	24	10	14	0

02	Виброзащита. Виброизоляция.	12	2	10	0
03	Динамическое гашение колебаний	12	4	8	0
04	Решение задач динамики в Ansys Workbench	36	12	24	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
01	01	Виброиспытания. Три вида виброиспытаний: частотные, вибропрочностные, испытания на виброустойчивость. Цели и методы. Режимы виброиспытаний. Способы возбуждения вибраций. Механический, гидравлический, электромагнитный, электродинамический, магнитострикционный, пьезоэлектрический акустический. Характеристики вибровозбудителей, достоинства и недостатки, области применения.	2
02	01	Экспериментальный модальный анализ	2
03	01	Виброиспытания при синусоидальном, случайном и ударном возбуждении	2
04	01	Режимы виброн нагружения и схемы испытаний. Классификация объектов испытаний. Воспроизведение нормативной спектральной плотности виброускорений в заданной точке объекта. Транспортный и эксплуатационный режимы нагружения. Основные трудности в воспроизведении нормативных виброполей. Технологическая оснастка. Классификация. Расчетные схемы системы ЭДВ - технологическая оснастка - объект испытаний. Критерии выбора параметров оснастки. Методика расчета.	2
05	01	Влияние нелинейностей в ЭДВ на точность воспроизведения заданной спектральной плотности мощности виброускорений. Роль антирезонансов в появлении "провалов" и неустранимых "выбросов". Способы устранения искажений.	2
06	02	Защита человека от вибрации. Нормирование вибрации, действующей на человека. Показатели интенсивности вибрации. Показатели спектрального состава вибрации. Допустимые значения уровней вибрации.	2
07	03	Виброизоляция. Многокаскадная виброизоляция. Нелинейный виброизолятор. Виброизоляция при ударном воздействии. Управляемые системы виброизоляции. Коэффициент эффективности управляемой виброизоляции. Устойчивость движения управляемой виброзащитной системы.	2
08	03	Динамическое гашение колебаний. Пружинный динамический гаситель без трения. Динамический гаситель с трением. Оптимальная настройка гасителя с трением. Маятниковый гаситель крутильных колебаний. Бицилиндрный подвес маятника. Поглотители колебаний с вязким трением. Поглотители колебаний с сухим трением. Практические приложения теории и примеры осуществленных систем виброзащиты. Ветровой резонанс башенных сооружений. Автоколебания башенных сооружений. Виброзащита вагонов и транспортируемых грузов.	2
09	04	Ansys Modal Damping. Определение собственных частот и форм неконсервативных систем	2
10	04	Реализация метода разложения по собственным формам в Ansys Workbench. MCF (Modal Coordinate File)	2
11	04	Shock Response Spectrum. О реализации спектра удара в Ansys Workbench	2
12	04	Решение задач удара в Ansys Workbench	2
13	04	Random Vibration. Решение задач о случайном возбуждении в Ansys Workbench	2



14	04	Ansys Fatigue. Решение задач усталостной долговечности в Ansys Workbench	2
----	----	--	---

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
01	01	Построение расчетной модели системы вибростенд - основание. Расчет параметров виброизоляции	2
02	01	Анализ динамики механических систем при нестационарных режимах работы.	2
03	01	Построение расчетных моделей сложных систем в различных частотных диапазонах. Методы испытаний. Выбор технологической оснастки.	2
04	01	Расчет необходимой мощности ЭДВ под испытуемый объект с заданными динамическими свойствами	2
05	01	Определение динамических характеристик механической системы с одной степенью свободы при ударном нагружении с использованием вибростенда	2
06	01	Определение собственных частот и форм механической системы с использованием ударного молотка	2
07	01	Вибропрочностные испытания при ударном нагружении	2
08	02	Расчет параметров виброзащитной системы при заданном характере возмущающих воздействий.	2
09	02	Построение расчетной модели объекта, выбор системы виброзащиты и определение её параметров. Построение математической модели и исследование устойчивости активной системы виброзащиты.	2
10	02	Определение динамических характеристик механической системы при синусоидальных испытаниях с разверткой по частоте	2
11	02	Определение динамических характеристик механической системы при случайном возбуждении	2
12	02	Определение собственных частот и форм механической системы с использованием модального вибростенда	2
13	03	Построение и исследование расчетной модели вибропогружения сваи.	2
14	03	Идентификация параметров двухмассовой системы с пропорциональным демпфированием.	2
15	03	Исследование динамики механической системы с антивибратором	2
16	03	Исследование собственных частот и форм континуальной системы. Исследование собственных частот системы с двумя степенями свободы	2
17	04	Собственные частоты изгибных колебаний шарнирно опертого стержня с учетом продольной силы	2
18	04	Solution Combination	2
19	04	Метод подконструкций	2
20	04	Modal Damping	2
21	04	MCF (Modal Coordinate File). Решение задачи о вынужденных колебаниях при силовом возбуждении методом суперпозиции собственных форм. Построение АЧХ	2
22	04	MCF (Modal Coordinate File). Решение задачи о вынужденных колебаниях при кинематическом возбуждении методом суперпозиции собственных форм.	2
23	04	Matrix27. Решение задачи о колебаниях трубки с текущей жидкостью с учетом гироскопических сил.	2
24	04	Расчет собственных частот механических систем с учетом свойств циклической симметрии	2

25	04	Решение задачи динамики движения механической системы, состоящей из абсолютно твердых тел	2
26	04	Решение задачи о вынужденных колебаниях при случайном возбуждении с использованием модуля Ansys Workbench Spectrum Response.	2
27	04	Решение задачи о вынужденных колебаниях при случайном возбуждении с использованием модуля Ansys Workbench Random Vibration	2
28	04	Решение задачи усталостной долговечности с использованием модуля Ansys Fatigue Module	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 зачету	1	3	53,75
Подготовка к экзамену	2	4	29,5

### 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-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Семестровое задание "Анализ динамики ротора транспортной турбины"	1	100	Построение одномассовой модели ротора вместе с определением ее упруго-массовых свойств - 20 баллов Определение оптимальных податливостей опор - 20 баллов Определение оптимального демпфирования - 20 баллов. Расчет критических частот в Ansys - 20 баллов Расчет вынужденных колебаний в Ansys 20 баллов	зачет
2	3	Промежуточная аттестация	Защита семестрового задания	-	60	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)	зачет

					<p>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. 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. В конце отчета могут быть приведены приложения. Они обязательно должны быть пронумерованы, снабжены единообразными подписями и описаны в отчете (с какой целью прилагаются, как используются на практике). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). При оценке работы студента принимается во внимание содержание, объем и качество оформления отчета. Критерии оценивания отчёта: наличие титульного листа (5 баллов); наличие реферата (5 баллов); наличие содержания (5 баллов); наличие основной части (5 баллов); наличие заключения (5 баллов); логично и понятное передано содержание работы в тексте пояснительной записки (5 баллов); четкость и логичность полученных выводов и рекомендаций (5 баллов); орфографическая и пунктуационная грамотность в тексте отчёта (5 баллов). Максимальное количество баллов за отчет – 40. Вес мероприятия - 1. 2. Презентация. Оценки за презентацию. 5 баллов - презентация содержит титульный слайд, цели, задачи, основную часть, выводы и полностью раскрывает суть</p>	
--	--	--	--	--	---	--

					<p>выполненной работы, презентация качественно оформлена. 4 балла - презентация содержит титульный 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. Вес мероприятия - 2. 3. Доклад. Студент в установленные сроки сдаёт на кафедру отчёт. Отчет должен содержать результаты решения задач №9-№13. Дата и время защиты отчета устанавливаются кафедрой в соответствии с календарным графиком учебного процесса. 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</p>
--	--	--	--	--	---

						балла - доклад не объясняет суть работы; презентация содержит отрывочные 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 Максимальное число баллов за доклад - 5 баллов. Вес мероприятия - 2. 4. Итоговая оценка за курсовую работу. Максимальное число баллов за отчет - 40 баллов. Максимальное число баллов за презентацию - 10 баллов. Максимальное число баллов за доклад - 10 баллов. Итого 60 баллов.	
3	4	Текущий контроль	Семестровое задание. Решение задач динамики	1	50	Семестровое задание состоит из заданий общим объемом 50 баллов. После выполнения задач считается рейтинг как отношение зачтенных задач к общему числу баллов	экзамен
4	4	Промежуточная аттестация	экзамен	-	100	Билет включает в себя два вопроса. Правильность ответа на каждый вопрос оценивается по 50-балльной шкале.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	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. Максимальное число баллов за отчет - 40 баллов. Максимальное число баллов за презентацию - 10 баллов. Максимальное число баллов за доклад - 10 баллов. Итого 60 баллов Отлично: 51-60 баллов Хорошо: 45-50 баллов Удовлетворительно: 36-49 баллов Неудовлетворительно: 0-35 баллов	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
экзамен	Билет включает в себя два вопроса. Правильность ответа на каждый вопрос оценивается по 50-балльной шкале. Отлично: 86 и более баллов Хорошо: 75-85 баллов Удовлетворительно: 61-65 баллов Неудовлетворительно: менее 51 балла	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-1	Знает: основные расчетные и экспериментальные методы исследования	+	+	+	+

	динамики машин				
ПК-1	Умеет: получать расчетным путем перемещения, скорости и ускорения изделия при гармонических, случайных и ударных нагрузках	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: владения конечноэлементным пакетом Ansys Workbench для расчета гармонических, ударных и случайных колебаний механических систем	+	+	+	+
ПК-2	Знает: современные конечноэлементные методы расчета динамики роторов	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: получать экспериментальным путем перемещения, скорости и ускорения изделия при гармонических, случайных и ударных нагрузках	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: владения современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения модальных и вибропрочностных испытаний	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний Текст Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
2. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Политехника, 1990. - 272 с. ил.
3. Бабаков, И. М. Теория колебаний Учеб. пособие для вузов И. М. Бабаков. - 4-е изд., испр. - М.: Дрофа, 2004. - 592 с.
4. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; Под ред. Э. И. Григолюка. - М.: Машиностроение, 1985. - 472 с. Ил.
5. Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера [Текст] практ. рук. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. ил.
6. Потемкин, В. Г. Система инженерных и научных расчетов MATLAB 5. x [Текст] Т. 1 справ. пособие : в 2 т. В. Г. Потемкин. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. - 366 с.
7. Потемкин, В. Г. Система инженерных и научных расчетов MATLAB 5. x Т. 2 Справ. пособие: В 2 т. В. Г. Потемкин. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. - 304 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.
5. Костюк, А. Г. Динамика и прочность турбомашин [Текст] учебник для вузов по направлению "Энергомашиностроение" А. Г. Костюк. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 474 с. ил.
6. Яблонский, А. А. Курс теории колебаний [Для машиностроит. спец. вузов]. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1975. - 248 с. ил.
7. Поршневу, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] учеб. пособие для вузов С. В. Поршневу. - 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 726 с. ил. 1 электрон. опт. диск

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний : Учебное пособие / В. А. Романов, П. А. Тараненко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Техническая механика». – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний : Учебное пособие / В. А. Романов, П. А. Тараненко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Техническая механика». – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

### 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 : учебник для вузов / С. П. Стрелков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-7343-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/158954">https://e.lanbook.com/book/158954</a> (дата обращения: 29.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гуськов, А. М. Анализ колебаний консервативных нелинейных систем с одной степенью свободы : учебное пособие / А. М. Гуськов, С. В. Ярьско. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 41 с. — ISBN 978-5-7038-3650-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

			<a href="https://e.lanbook.com/book/52261">https://e.lanbook.com/book/52261</a> (дата обращения: 29.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Основы работы в ANSYS 17 / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов, Ю. В. Захарова. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-425-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/90112">https://e.lanbook.com/book/90112</a> (дата обращения: 04.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Павлов, А. С. Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS : учебное пособие / А. С. Павлов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 34 с. — ISBN 978-5-85546-825-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/63695">https://e.lanbook.com/book/63695</a> (дата обращения: 04.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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)	Компьютер, проектор
Лабораторные занятия	334 (2)	Компьютер, проектор, MathCAD, Ansys, Solidworks
Практические занятия и семинары	334 (2)	Компьютер, проектор, MathCAD, Ansys, Solidworks