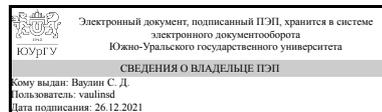


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



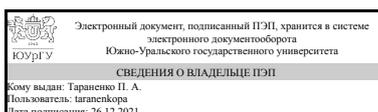
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины В.1.15 Теория колебаний континуальных систем  
для направления 15.03.03 Прикладная механика  
уровень бакалавр тип программы Академический бакалавриат  
профиль подготовки Прикладная механика, динамика и прочность машин  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Техническая механика

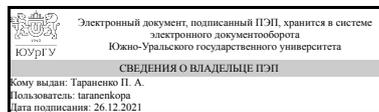
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 220

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 аналитической динамики и теории колебаний при построении и анализе основных физических моделей и при исследовании равновесия и движения механических систем. Приобретение опыта творческой работы по выбору адекватных расчетных схем разнообразных объектов современной техники и интерпретации их поведения. 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 этих целей позволит выпускнику оценивать прочность машиностроительных конструкций при вибрационных воздействиях.

### Краткое содержание дисциплины

Колебания нелинейных систем. Динамическая система и ее фазовый портрет. Вектор состояния, фазовое пространство, фазовые траектории и их свойства. Нелинейные системы. Примеры. Характеристики восстанавливающих сил: симметричные – несимметричные, жесткие – мягкие. Свободные колебания нелинейной консервативной системы. Особенность свободных колебаний нелинейной системы. Метод гармонического баланса. Скелетная кривая. Форма колебаний нелинейной системы с одной степенью свободы. Свободные колебания нелинейной системы. Способ прямой линеаризации при симметричной и несимметричной характеристиках восстанавливающей силы. Вынужденные колебания нелинейной системы при гармоническом возбуждении. Метод гармонического баланса. Метод медленно меняющихся амплитуд. Энергетическая оценка достижимых амплитуд. Субгармонические колебания в нелинейных системах. Особенности вынужденных колебаний нелинейных систем. Колебания стержней с распределенной массой. Колебания стержней с распределенной массой. Свободные продольные колебания призматических стержней. Вывод уравнений движения. Граничные условия. Определение собственных частот и форм колебаний. Крутильные колебания валов круглого поперечного сечения. Поперечные колебания призматических стержней. Граничные условия. Определение собственных частот и форм. Расчет поперечных колебаний балок с несколькими участками. Влияние продольных сил, поперечного сдвига и инерции осевого движения элементов балки на её поперечные колебания. Изгибно-продольные и изгибно-крутильные колебания плоско-пространственных рам. Уравнения форм колебаний. Геометрические и силовые условия сопряжения. Вынужденные изгибные колебания стержней. Метод разложения по собственным формам. Свойства вынужденных колебаний. Определение перемещений и напряжений. Метод непосредственного решения. Свободные и вынужденные колебания стержней при наличии вязкого трения. Случай гистерезисного трения. Гипотеза Е.С. Сорокина. Способы повышения демпфирующих свойств стержневых систем. Колебания, вызываемые подвижной нагрузкой. Распространение волн продольной деформации. Случай внезапного приложения силы. Приближенные и численные методы расчета колебаний стержней. Методы Рэлея и Ритца. Выбор базисных функций. Приведение масс. Методы динамических податливостей и динамических жесткостей. Расчет собственных и вынужденных колебаний.

Колебания пластин и оболочек Уравнения движения пластины постоянной толщины. Круглая пластина постоянной толщины. Формы колебаний круглых пластин. Расчет собственных частот и форм колебаний. Бегущие волны в круглых пластинах. Критические частоты вращения дисков паровых и газовых турбин. Резонансные диаграммы. Колебания оболочек. Случаи использования теории оболочек без растяжения срединной поверхности и безмоментной теории.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Знать: метод разложения по собственным формам
	Уметь: решать задачи об определении собственных частот и форм колебаний механических систем
	Владеть: методом конечных элементов в части модального анализа
ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать: основные положения теории экспериментального модального анализа
	Уметь: экспериментально определять собственные частоты и формы колебаний механических систем
	Владеть: современным измерительным оборудованием
ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Знать: основные закономерности параметрических колебаний
	Уметь: выполнять необходимые расчетные задания при помощи современных аналитических и численных методов
	Владеть: методами расчета параметрических колебаний
ПК-7 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Знать: методы расчета вынужденных колебаний линейных и нелинейных систем
	Уметь: решать задачу об установившихся вынужденных колебаниях механических систем
	Владеть: пакетом Ansys в части решения задач об установившихся колебаниях механических систем методом разложения по собственным формам
ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Знать: основы теории колебаний нелинейных систем с одной степенью свободы
	Уметь: решать задачу о свободных колебаниях нелинейных систем с одной степенью свободы
	Владеть: современным программным обеспечением MathCAD

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05.01 Алгебра и геометрия, Б.1.16 Строительная механика машин, Б.1.05.03 Специальные главы математики, Б.1.13 Сопротивление материалов, Б.1.12 Теоретическая механика, Б.1.07 Информатика и программирование, Б.1.05.02 Математический анализ	ДВ.1.07.01 Виброметрия и вибродиагностика, ДВ.1.08.01 Динамика машин, Производственная практика, преддипломная практика (8 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Б.1.12 Теоретическая механика	Знания об обобщенных координатах. Знания о малых свободных колебаниях механической системы с конечным числом степеней свободы и их свойства. Знания об уравнениях движения механической системы в обобщенных координатах. Знания о собственных частотах и собственных формах. Элементарная теория удара. Понятие об устойчивости равновесия.
Б.1.16 Строительная механика машин	Умение выполнять расчет на прочность дисков, пластин и оболочек. Знание аналитических методов расчета прямоугольных и круглых пластин. Базовые понятия о методе конечных элементов.
Б.1.07 Информатика и программирование	Уметь решать в математических пакетах (MathCAD, Matlab) дифференциальные уравнения, уметь искать корни нелинейного уравнений. Владеть навыками программирования в математических пакетах MathCAD, Matlab. Уметь строить графики, уметь выполнять экспорт и импорт данных в пакетах MathCAD и Matlab
Б.1.13 Сопротивление материалов	Умение строить эпюры в стержнях и в пространственных рамах. Умение выполнять расчеты на прочность и жесткость при простых видах нагружения. Умение раскрывать статическую неопределимость в стержневых системах. Метод сил и метод перемещений.
Б.1.05.02 Математический анализ	Умение выполнять интегрирование и дифференцирование функций. Умение вычислять определенные интегралы. Умение находить экстремумы функций одной и нескольких переменных. Умение раскладывать функцию в ряд Фурье.
Б.1.05.03 Специальные главы математики	Знать обыкновенные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.
Б.1.05.01 Алгебра и геометрия	Знать матрицы и определители, уметь решать однородные системы линейных алгебраических уравнений

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам	
		в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	80	80	
Подготовка к экзамену	36	36	
Выполнение курсовой работы	44	44	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен, КР	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
01	Колебания нелинейных систем	14	6	4	4
02	Колебания стержней с распределенной массой	44	8	24	12
03	Колебания пластин и оболочек	6	2	4	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
01	01	Динамическая система и ее фазовый портрет. Вектор состояния, фазовое пространство, фазовые траектории и их свойства. Нелинейные системы. Примеры. Характеристики восстанавливающих сил: симметричные – несимметричные, жесткие – мягкие. Свободные колебания нелинейной консервативной системы. Особенность свободных колебаний нелинейной системы.	2
02	01	Метод гармонического баланса. Скелетная кривая. Форма колебаний нелинейной системы с одной степенью свободы. Свободные колебания нелинейной системы. Способ прямой линеаризации при симметричной и несимметричной характеристиках восстанавливающей силы. Вынужденные колебания нелинейной системы при гармоническом возбуждении. Метод гармонического баланса. Метод медленно меняющихся амплитуд. Энергетическая оценка достижимых амплитуд.	2
03	01	Субгармонические колебания в нелинейных системах. Особенности вынужденных колебаний нелинейных систем.	2
04	02	Колебания стержней с распределенной массой. Свободные продольные колебания призматических стержней. Вывод уравнений движения. Граничные условия. Определение собственных частот и форм колебаний. Крутильные колебания валов круглого поперечного сечения.	2

05	02	Влияние продольных сил, поперечного сдвига и инерции осевого движения элементов балки на её поперечные колебания. Изгибно-продольные и изгибно-крутильные колебания плоско-пространственных рам. Уравнения форм колебаний. Геометрические и силовые условия сопряжения.	2
06	02	Вынужденные изгибные колебания стержней. Метод разложения по собственным формам. Свойства вынужденных колебаний. Определение перемещений и напряжений. Метод непосредственного решения. Свободные и вынужденные колебания стержней при наличии вязкого трения. Случай гистерезисного трения. Гипотеза Е.С. Сорокина. Способы повышения демпфирующих свойств стержневых систем.	2
07	02	Колебания, вызываемые подвижной нагрузкой. Распространение волн продольной деформации. Случай внезапного приложения силы. Приближенные и численные методы расчета колебаний стержней. Методы Рэлея и Ритца. Выбор базисных функций. Приведение масс. Методы динамических податливостей и динамических жесткостей. Расчет собственных и вынужденных колебаний.	2
08	03	Колебания пластин. Уравнения движения пластины постоянной толщины. Круглая пластина постоянной толщины. Формы колебаний круглых пластин. Расчет собственных частот и форм колебаний.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
01	01	Построение характеристики восстанавливающей силы нелинейной системы. Построение скелетной кривой нелинейной системы методом прямой линеаризации.	2
02	01	Вынужденные колебания нелинейной системы. Численное интегрирование уравнений движения нелинейной системы с использованием пакета MathCAD.	2
03	02	Поперечные колебания призматических стержней. Граничные условия при продольных колебаниях стержней с распределенной массой.	2
04	02	Поперечные колебания призматических стержней. Определение собственных частот и форм. Расчет поперечных колебаний балок с несколькими участками.	2
05	02	Граничные условия при изгибных колебаниях стержней с распределенной массой.	2
06	02	Аналитическое определение собственных частот и форм продольных колебаний стержней с распределенной массой.	2
07	02	Численное определение собственных частот и форм продольных колебаний стержней с распределенной массой с использованием пакета MathCAD.	2
08	02	Численное определение собственных частот и форм продольных колебаний стержней с распределенной массой методом конечных элементов.	2
09	02	Условие ортогональности собственных форм при изгибных колебаниях стержней с распределенной массой.	2
10	02	Решение задачи о вынужденных изгибных колебаниях стержней с распределенной массой методом конечных амплитуд.	2
11	02	Решение задачи о вынужденных изгибных колебаниях стержней с распределенной массой методом разложения по собственным формам.	2
12	02	Поперечные колебания стержня с продольной силой.	2
13	02	Применение метода динамических податливостей в расчете собственных и вынужденных колебаний сложных систем.	2

14	02	Составление геометрических и силовых условий сопряжения при изгибно-продольных и изгибно-крутильных колебаниях рам.	2
15	03	Изгибные колебания круглой пластины постоянной толщины.	2
16	03	Бегущие волны в круглых пластинах. Критические частоты вращения дисков паровых и газовых турбин. Резонансные диаграммы. Колебания оболочек. Случаи использования теории оболочек без растяжения срединной поверхности и безмоментной теории.	2

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
01	01	Свободные затухающие колебания нелинейной системы с одной степенью свободы	2
02	01	Вынужденные колебания нелинейной системы с одной степенью свободы	2
03	02	Свободные колебания линейной неконсервативной системы с одной степенью свободы при различных видах трения	2
04	02	Вынужденные колебания линейной неконсервативной системы с одной степенью свободы. Построение амплитудно-частотной характеристики	2
05	02	Вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы. Свойство ортогональности формы вынуждающего воздействия к собственной форме колебаний.	2
06	02	Экспериментальное определение собственных частот и форм колебаний стержня с распределенной массой	2
07	02	Собственные колебания стержня с распределенной массой при различных видах трения	2
08	02	Гашение колебаний стержня с распределенной массой на резонансе с помощью антивибратора	2

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Выполнение курсовой работы	[8], стр. 110-136	44
Подготовка к экзамену	Основная литература: [1], стр. 50-55; [2], стр. 259-277; [3], стр. 227-237; [5], стр. 68-85, [1], стр. 55-81; [2], стр. 317-322; [3], стр. 58-74, 202-207; [5], стр. 86-96; [6], стр. 122-180, [1], стр. 141-167; [3], стр. 219-226; [5], стр. 177-205, 214-225, 241-251; [6], стр. 283-340; [8], стр. 98-109; дополнительная литература [1-4]; методические пособия [1]; учебно-методические материалы в электронном виде [1-3].	36

### 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд.
-------------------------------------	------------------------	------------------	-------------

			часов
Интерактивная лекция	Лекции	Исследование колебаний стержней с распределенной массой	2
Интерактивное практическое занятие	Практические занятия и семинары	Расчетное исследование колебаний стержней с распределенной массой с использованием пакета Ansys Workbench	2

### Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

### 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Экзамен	Все
Все разделы	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Экзамен	Все
Все разделы	ПК-7 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Экзамен	Все
Все разделы	ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные	Экзамен	Все

	результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации		
Все разделы	ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Экзамен	Все
Колебания нелинейных систем	ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Защита курсовой работы	Задача №9
Колебания стержней с распределенной массой	ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Защита курсовой работы	Задачи №10-№13
Колебания пластин и оболочек	ПК-7 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Защита курсовой работы	Задачи №10-№13
Колебания нелинейных систем	ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Решение задачи №9 о колебаниях нелинейной системы	Задача №9
Колебания нелинейных систем	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Тест по колебаниям нелинейных систем	Задача №9
Колебания стержней с	ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных	Тест по колебаниям систем с распределенной	Задачи №10-13

распределенной массой	работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	массой	
Колебания стержней с распределенной массой	ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Решение задачи №10 о собственных колебаниях балки с распределенной массой	Задача №10
Колебания стержней с распределенной массой	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Решение задачи №11 о вынужденных колебаниях балки с распределенной массой на нерезонансном режиме	Задача №11
Колебания стержней с распределенной массой	ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Решение задачи №12 о вынужденных колебаниях балки с распределенной массой на резонансном режиме	Задача №12
Колебания пластин и оболочек	ПК-7 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Решение задачи №13 о собственных колебаниях пространственной рамы	Задача №13

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Тест по колебаниям нелинейных систем	Проводится компьютерное тестирование. Максимальная оценка за тест - 6 баллов.	Зачтено: 4-6 баллов за тест. Не зачтено: 0-3 балла за тест
Тест по колебаниям систем с распределенной массой	Проводится компьютерное тестирование. Максимальная оценка за тест - 6 баллов.	Зачтено: За тест набрано от 4 до 6 баллов. Не зачтено: За тест набрано от 0 до 3 баллов.
Экзамен	Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса и три задачи (одна по	Отлично: Величина рейтинга обучающегося

	<p>нелинейным колебаниям, одна по граничным условиям, одна по вынужденным колебаниям стержней с распределенной массой). Теоретический вопрос №1 (колебания нелинейных систем) оценивается по четырехбалльной шкале Теоретический вопрос №2 (колебания стержней с распределенной массой) оценивается по четырехбалльной шкале Задача №1 (колебания нелинейных систем) оценивается по четырехбалльной шкале. Задача №2 (колебания стержней с распределенной массой) оценивается по четырехбалльной шкале. Задача №3 (граничные условия) оценивается по четырехбалльной шкале.</p> <p>Максимум за билет 20 баллов. Вес контрольного мероприятия - 2. Максимальное число баллов за экзамен - 40 баллов.</p> <p>Четырехбалльная шкала оценивания. 4 балла - задание выполнено полностью правильно, без единой ошибки 3 балла - задание выполнено правильно, но есть незначительные ошибки. 2 балл - задание выполнено, но есть существенные ошибки. 1 балл - задание не выполнено, но предпринята попытка решения. 0 баллов - задание не выполнено полностью.</p> <p>После окончания экзамена баллы, заработанные на экзамене (максимум 40 баллов) складываются с баллами, заработанными в семестре (задачи №9-13 семестрового задания и два контрольных теста (максимум 60 баллов)). Определяется итоговый рейтинг обучающегося путем деления суммарного числа баллов, набранного студентом на экзамене и в семестре, на максимальное число баллов (100 баллов).</p>	<p>85...100 %.</p> <p>Хорошо: Величина рейтинга обучающегося 75...84 %.</p> <p>Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося 60...74 %.</p> <p>Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося 0...59 %</p>
<p>Решение задачи №9 о колебаниях нелинейной системы</p>	<p>Записана характеристика восстанавливающей силы - 1 балл. Получено точное решение - 1 балл. Получено решение методом прямой линеаризации - 1 балл. Получено решение методом Рунге-Кутты - 1 балл. Построен фазовый портрет - 1 балл. Приведено отличие решений от точного - 1 балл. Максимальное число баллов за решение задачи - 6 баллов.</p>	<p>Зачтено: 4-6 баллов за решение задачи</p> <p>Не зачтено: 0-3 балла за решение задачи</p>
<p>Решение задачи №10 о собственных колебаниях балки с распределенной массой</p>	<p>Записаны граничные условия - 1 балл. Получен частотный определитель - 1 балл. Найдены не менее 6 собственных частот в MathCAD - 1 балл. Найдены не менее 6 собственных частот в Ansys - 1 балл.</p> <p>Выполнена проверка условия ортогональности первых трех форм - 1 балл. Выполнена проверка граничных условий - 1 балл. Выполнено сравнение собственных частот, найденных в MathCAD и Ansys, - 1 балл. Выполнено сравнение первых трех</p>	<p>Зачтено: 8-12 баллов за решение задачи</p> <p>Не зачтено: 0-7 баллов за решение задачи</p>

	<p>собственных форм перемещений, найденных в MathCAD и Ansys, - 1 балл. Выполнено сравнение первых трех собственных форм углов поворота, найденных в MathCAD и Ansys, - 1 балл. Выполнено сравнение первых трех собственных форм изгибающих моментов, найденных в MathCAD и Ansys, - 1 балл. Выполнено сравнение первых трех собственных форм поперечных сил, найденных в MathCAD и Ansys, - 1 балл. Выполнена нормировка собственных форм из условия равенства единице обобщенной массы на каждой собственной форме - 1 балл. Максимальное число баллов за решение задачи - 12 баллов.</p>	
<p>Решение задачи №11 о вынужденных колебаниях балки с распределенной массой на нерезонансном режиме</p>	<p>Найдены главные координаты в MathCAD - 1 балл. Получено решение задачи о вынужденных колебаниях балки в Ansys - 2 балла. Выполнено сравнение форм перемещений при установившихся вынужденных колебаниях, найденных в MathCAD и Ansys, - 2 балла. Выполнено сравнение форм изгибающих моментов при установившихся вынужденных колебаниях, найденных в MathCAD и Ansys, - 2 балла. Построены графики перемещений при установившихся вынужденных колебаниях, найденных в MathCAD, при разном числе слагаемых - 1 балл. Построены графики изгибающих моментов при установившихся вынужденных колебаниях, найденных в MathCAD, при разном числе слагаемых - 1 балл. Максимальное число баллов за решение задачи - 9 баллов.</p>	<p>Зачтено: 6-9 баллов за решение задачи Не зачтено: 0-5 баллов за решение задачи</p>
<p>Решение задачи №12 о вынужденных колебаниях балки с распределенной массой на резонансном режиме</p>	<p>Получены главные координаты в MathCAD на резонансном режиме – 1 балл Получено решение задачи о вынужденных колебаниях балки на резонансном режиме в Ansys – 1 балл Выполнено сравнение результатов расчета перемещений в MathCAD и Ansys – 1 балл Выполнено сравнение результатов расчета изгибающих моментов в MathCAD и Ansys – 1 балл Получены перемещения в MathCAD в зависимости от числа слагаемых – 1 балл Получены изгибающие моменты в MathCAD в зависимости от числа слагаемых – 1 балл Определена точка расположения сосредоточенной силы и момента из условия минимума обобщенной силы на второй собственной форме - 1 балл Получена АЧХ в Ansys – 1 балл Получена АЧХ в MathCAD – 1 балл Выполнен расчет на прочность на нерезонансном режиме – 1 балл Выполнен расчет на прочность на резонансном режиме – 1 балл Выполнен расчет на прочность на резонансном режиме при новом</p>	<p>Зачтено: 8-12 баллов за решение задачи Не зачтено: 0-7 баллов за решение задачи</p>

	расположении сосредоточенной силы и момента – 1 балл Максимальное число баллов за решение задачи - 12 баллов	
Решение задачи №13 о собственных колебаниях пространственной рамы	Записать 12 граничных условий при изгибно-продольных колебаниях рамы и 12 граничных условий при изгибно-крутильных колебаниях рамы. Каждое условие оценивается в 0,3 балла Итого 7,2 балла за граничные условия. Записать 6 условий равновесия узла (по 0,3 балла за условие): Итого 1,8 баллов за условия равновесия. Максимальное число баллов за решение задачи - 9 баллов	Зачтено: 6-9 баллов за решение задачи Не зачтено: 0-5 баллов за решение задачи.
Защита курсовой работы	<p>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. 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. No 179). При оценке работы студента за время практики принимается во внимание содержание, объем и качество оформления отчета по практике. 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 понятно передано содержание работы в тексте</p>	Отлично: 51-60 баллов Хорошо: 45-50 баллов Удовлетворительно: 36-49 баллов Неудовлетворительно: 0-35 баллов

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 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. 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. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. No 179). 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

	<p>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 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. 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.</p>	
--	--	--

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Тест по колебаниям нелинейных систем	Вопросы в приложении 01_NEL-KOL.DOC
Тест по колебаниям систем с распределенной массой	Вопросы находятся в приложении 04_Стержни-3 испр.doc; 03_GR_USL97.DOC
Экзамен	Вопросы находятся в приложении 03_GR_USL97.DOC; 06_Вопросы-экзамен.doc; 01_NEL-KOL.DOC; 04_Стержни-3 испр.doc
Решение задачи №9 о колебаниях нелинейной системы	
Решение задачи №10 о собственных колебаниях балки с распределенной массой	
Решение задачи №11 о вынужденных колебаниях балки с распределенной массой на нерезонансном режиме	
Решение задачи №12 о вынужденных колебаниях балки с распределенной массой на резонансном режиме	
Решение задачи №13 о собственных колебаниях пространственной рамы	
Защита курсовой работы	

### 8. 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. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний Текст учеб. пособие В. А. Романов, О. К. Слива ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Прикладная механика, динамика и прочность машин ; ЮУрГУ. - 3-е изд., перераб. и доп. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. - 135, [1] с. ил. электрон. версия
3. 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.
4. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний [Текст] Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
5. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современ. концепции, парадоксы и ошибки. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1979. - 384 с. ил.
6. 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.
7. Кирьянов, Д. В. Mathcad 13 Наиболее полн. рук. Д. В. Кирьянов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - X,590 с.

*б) дополнительная литература:*

1. Бабаков, И. М. Теория колебаний Учеб. пособие для вузов И. М. Бабаков. - 4-е изд., испр. - М.: Дрофа, 2004. - 592 с.
2. Караваев, В. Г. Теория колебаний механических систем Учеб. пособие к курсовой работе В. Г. Караваев, В. Н. Шеповалов, В. Ф. Штыкан; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. механика; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. механика; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 53,[1] с.
3. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современ. концепции, парадоксы и ошибки. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1979. - 384 с. ил.
4. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 1 Учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ, 1994. - 307 с. ил.
5. 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.
6. Яблонский, А. А. Курс теории колебаний [Для машиностроит. спец. вузов]. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1975. - 248 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., Слива О. К. Аналитическая динамика и теория колебаний. Учебное пособие / В. А. Романов, О. К. Слива. – Челябинск, Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. – 136 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная 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: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1460-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168476">https://e.lanbook.com/book/168476</a> (дата обращения: 26.12.2021). — 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: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Алдошин, Г. Т. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-3432-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169293">https://e.lanbook.com/book/169293</a> (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	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: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
4. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
5. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. 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
Лабораторные занятия	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, Компьютер Intel Pentium Core i3, 4 Гб ОЗУ, 512 Мб HDD, монитор Acer 20", клавиатура, мышь, предустановленное лицензионное ПО Solidworks, Ansys, MathCAD