

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ДИНАМИКА МАШИН**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4; 8 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 14 часов; всего - 30 часов
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 18 часов; 8 семестр - 16 часов; всего - 34 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 73,2 часа; 8 семестр - 81,2 часа; всего - 154,4 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	7 семестр - 15,7 часов; 8 семестр - 15,7 часов; всего - 31,4 часа
<b>Иная контактная работа</b>	7 семестр - 4 часа; 8 семестр - 4 часа; всего - 8 часов
<b>включая:</b> Контрольная работа Тестирование	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	7 семестр - 0,3 часа;
Защита курсовой работы	8 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,6 часа

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Радин В.П.
	Идентификатор	R55a0851f-RadinVP-d56deff3

В.П. Радин


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

И.В. Меркурьев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов расчета собственных и вынужденных колебаний деталей машин и конструкций

### Задачи дисциплины

- освоение практических приемов составления расчетных схем и математических моделей механических систем для расчета на динамические воздействия;
- освоение аналитических и численных методов расчета собственных колебаний механических систем с распределенными параметрами;
- освоение аналитических и численных методов расчета вынужденных колебаний механических систем с распределенными параметрами;
- приобретение навыков алгоритмизации динамических расчетов с использованием современных вычислительных методов, высоко-производительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
РПК-2 Готов проводить динамический анализ машиностроительных конструкций в виде механических систем с сосредоточенными и распределенными параметрами	ИД-1 <sub>РПК-2</sub> Применяет аналитические, приближенные и численные методы для определения динамических характеристик элементов машиностроительных конструкций	знать: - методы определения характеристик собственных колебаний машин, приборов и аппаратуры; - методы определения реакции машин и конструкций на различные динамические воздействия с использованием современных вычислительных методов и вычислительных машин.  уметь: - применять методы расчета собственных колебаний машин и конструкций; - применять аналитические и численные методы, а также программные комплексы для динамических расчетов машин и конструкций.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы математического анализа
- знать методы составления уравнений равновесия механических систем при действии статических нагрузок
- знать методы интегрирования линейных дифференциальных уравнений
- уметь формулировать и решать краевые задачи для упругих систем

- уметь уметь применять методы определения собственных значений и собственных функций для однородных краевых задач
- уметь уметь исследовать напряженно-деформированное состояние упругих систем при заданных нагрузках

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Вариационный вывод уравнений колебаний для упругих тел	12	7	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение 1 раздела курсовой работы: записать уравнения собственных колебаний, граничные условия и условия стыковки решений</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.8</p>	
1.1	Принцип Гамильтона-Остроградского для упругого тела	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
1.2	Уравнение продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
2	Общие свойства спектров собственных колебаний	9		4	-	2	-	-	-	-	-	3	-		<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общие свойства спектров собственных колебаний" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.9</p>
2.1	Общие свойства спектров собственных колебаний	9		4	-	2	-	-	-	-	-	3	-		
3	Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний	14		8	-	2	-	-	-	-	-	4	-		<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.10,11</p>
3.1	Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний	14		8	-	2	-	-	-	-	-	4	-		

4	Собственные колебания стержней, пластин и оболочек	29		12	-	8	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Собственные колебания стержней, пластин и оболочек и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение 2-4 пунктов курсовой работы: применить метод конечных элементов для отыскания собственных частот и форм заданной системы; методом начальных параметров составить частотное уравнение и определить низшие собственные частоты и формы</p> <p>Провести необходимые вычисления и сравнить результаты определения низших собственных частот и форм различными методами</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.12,13,14</p>
4.1	Собственные колебания стержней постоянного поперечного сечения	19		8	-	6	-	-	-	-	-	5	-	
4.2	Собственные колебания пластин	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
4.3	Собственные колебания оболочек	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
5	Распространение волн в упругих телах	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Распространение волн в упругих телах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.17</p>
5.1	Распространение волн в упругих телах	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>39.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>73.2</b>		
6	Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем	8	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п. 8.3 [3], стр.25-31</p>
6.1	Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	

7	Вынужденные колебания упругих систем	34	10	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Вынужденные колебания упругих систем и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение курсовой работы "Вынужденные колебания стержневых систем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.15 [3], стр.5-25, 45-48
7.1	Установившиеся колебания	28	8	-	10	-	-	-	-	-	10	-	
7.2	Неустановившиеся колебания	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
8	Поперечные колебания роторных систем	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Поперечные колебания роторных систем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], гл.9 [4], гл.16
8.1	Поперечные колебания роторных систем	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
9	Колебания упругих систем под действием подвижных и ударных нагрузок	16	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Колебания упругих систем под действием подвижных и ударных нагрузок" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.17 [4], гл.17,19
9.1	Колебания упругих систем под действием подвижных нагрузок	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
9.2	Колебания упругих систем под действием ударных нагрузок	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
10	Параметрические колебания упругих систем	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Параметрические колебания упругих систем" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Параметрические колебания упругих систем" <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>
10.1	Параметрические колебания упругих систем	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	

													<b><u>источников:</u></b> [1], гл.16
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	34.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	15.7	-	
	Всего за семестр	144.0	28	-	14	14	2	4	-	0.8	47.7	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	-	14	16		4		0.8	81.2		
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>60</b>	-	<b>30</b>	<b>34</b>		<b>8</b>	<b>1.6</b>	<b>154.4</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Вариационный вывод уравнений колебаний для упругих тел

#### 1.1. Принцип Гамильтона-Остроградского для упругого тела

Принцип Гамильтона-Остроградского для упругого тела. Вариационный вывод уравнений колебаний и естественных граничных условий для упругого тела. Динамические уравнения теории упругости. Вариационный вывод уравнений колебаний и естественных граничных условий для одномерных и двумерных систем.

#### 1.2. Уравнение продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней

Уравнение продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней. Поправка Релея для случая продольных колебаний стержней. Уточненная теория изгибных колебаний стержней. Уравнения колебаний балки Тимошенко. Уравнения колебаний и естественные граничные условия колебаний пластин. Применение принципа Даламбера для вывода уравнений динамики упругих систем. Примеры: продольные и крутильные колебания стержней, изгибные колебания стержней и пластин.

### 2. Общие свойства спектров собственных колебаний

#### 2.1. Общие свойства спектров собственных колебаний

Операторное уравнение для определения собственных частот и форм. Свойства упругого и инерционного операторов, иллюстрация этих свойств на примере изгибных колебаний стержней. Действительность частот собственных колебаний. Ортогональность собственных форм по потенциальной и кинетической энергии. Структура спектра частот собственных колебаний. Примеры дискретного, сплошного, полосового и комбинированного спектров. Полнота системы форм собственных колебаний. Энергетическое пространство упругого оператора. Энергетическая норма. Вариационные принципы теории собственных колебаний. Минимальное свойство низшей собственной частоты. Минимальные свойства высших собственных частот. Теоремы сравнения.

### 3. Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний

#### 3.1. Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний

Классификация методов. Методы малого параметра и последовательных приближений. Методы физической дискретизации (дискретизация масс). Вариационные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Релея и некоторые оценки, вытекающие из него: формулы Данкерли и Саутвелла. Вариационный метод Ритца. Методы Бубнова-Галеркина и коллокаций. Метод конечных элементов.

### 4. Собственные колебания стержней, пластин и оболочек

#### 4.1. Собственные колебания стержней постоянного поперечного сечения

Продольные, крутильные и изгибные колебания стержней постоянного поперечного сечения. Различные случаи опорного закрепления. Балочные функции и их свойства. Метод начальных параметров в задаче об изгибных колебаниях стержней. Методы расчленения в теории собственных колебаний стержней (метод динамических податливостей, метод динамических жесткостей). Влияние осевых усилий на собственные изгибные колебания стержней. Влияние инерции вращения и деформаций поперечного сдвига на изгибные колебания стержней.

#### 4.2. Собственные колебания пластин

Собственные колебания прямоугольных пластин. Граничные условия Навье. Плотность собственных частот пластин. Прямоугольная пластина с краевыми условиями Леви. Колебания круговых и кольцевых пластин. Применение вариационных методов в задачах о собственных колебаниях пластин. Асимптотический метод Болотина для определения спектров собственных колебаний. Применение асимптотического метода к расчету прямоугольных пластин.

#### 4.3. Собственные колебания оболочек

Собственные колебания круговых цилиндрических оболочек. Граничные условия Навье. Осесимметричные и преимущественно изгибные колебания. Собственные колебания пологих оболочек.

### 5. Распространение волн в упругих телах

#### 5.1. Распространение волн в упругих телах

Волны в неограниченной упругой изотропной среде. Волны расширения и волны сдвига. Дисперсионное уравнение. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия волн. Типы дисперсий. Поверхностные волны Релея. Приложения к сейсмологии. Продольные волны и волны кручения в призматических стержнях. Элементарная и уточненная теории изгибных волн в стержнях.

### 6. Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем

#### 6.1. Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем

Природа диссипации энергии в упругих системах. Характеристики рассеяния энергии. Методы учета рассеяния энергии при колебаниях. Внутреннее трение в материале – модель Фойхта (представление решения собственных колебаний, декремент, относительное рассеяние энергии за цикл колебаний). Внешнее трение при колебаниях упругих систем (представление решения собственных колебаний, декремент, относительное рассеяние энергии за цикл колебаний). Рассеяние энергии, характеристики которого не зависят от частоты.

### 7. Вынужденные колебания упругих систем

#### 7.1. Установившиеся колебания

Установившиеся колебания под действием периодических сил. Решения, получаемые в замкнутой форме. Представление решения в виде разложения по формам собственных колебаний.

#### 7.2. Неустановившиеся колебания

Метод разложения по собственным формам в задачах о неустановившихся колебаниях упругих систем. Установившиеся колебания в системах с демпфированием. Случаи внешнего трения и внутреннего трения Фойхта.

### 8. Поперечные колебания роторных систем

#### 8.1. Поперечные колебания роторных систем

Поперечные колебания вращающихся валов с неуравновешенными дисками. Вывод уравнений колебаний упругого вала с симметрично расположенным диском. Критические скорости вращения вала. Прецессионное движение. Квазистатический подход для определения критических скоростей вращающихся валов. Влияние гироскопических сил на

критические скорости вала с дисками. Гироскопический момент. Вывод уравнений колебаний диска с учетом гироскопического момента. Собственные частоты. Влияние собственного веса дисков. Критические скорости второго порядка. Влияние внутреннего трения на критические скорости вращения вала.

### 9. Колебания упругих систем под действием подвижных и ударных нагрузок

#### 9.1. Колебания упругих систем под действием подвижных нагрузок

Колебания упругих систем под действием подвижных нагрузок. Постановка задачи о действии подвижных нагрузок на упругую конструкцию. Задача о движении инерционного груза по безинерционной балке. Ошибка Бресса. Задача о действии подвижной безинерционной нагрузки на балку с распределенной массой. Постановка задачи о движении груза по балке с распределенной массой.

#### 9.2. Колебания упругих систем под действием ударных нагрузок

Элементарная теория удара твердого тела об упругую систему (теория удара Кокса). Волновая теория удара Сен-Венана – Буссинеска. Теория удара С.П.Тимошенко.

### 10. Параметрические колебания упругих систем

#### 10.1. Параметрические колебания упругих систем

Параметрические колебания систем с распределенными параметрами. Применение метода разложения решения по формам собственных колебаний. Теория Флоке. Особый случай разделения уравнений относительно главных координат. Уточненная постановка задачи о параметрических колебаниях стержня.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Вариационный вывод уравнений колебаний для упругих систем;
2. Методы определения собственных частот и форм стержней и стержневых систем;
3. Некоторые задачи на исследование спектров собственных колебаний стержней;
4. Собственные колебания пластин и оболочек;
5. Установившиеся вынужденные колебания в упругих системах без учета демпфирования;
6. Установившиеся вынужденные колебания в упругих системах без учета демпфирования;
7. Метод разложения по собственным формам в задачах о вынужденных колебаниях машин и конструкций;
8. Неустановившиеся колебания в системах с демпфированием.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Вариационный вывод уравнений колебаний для упругих тел"

2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Общие свойства спектров собственных колебаний"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Собственные колебания стержней, пластин и оболочек"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Вынужденные колебания упругих систем"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Собственные колебания стержней, пластин и оболочек"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Распространение волн в упругих телах"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Вынужденные колебания упругих систем"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Поперечные колебания роторных систем"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Колебания упругих систем под действием подвижных и ударных нагрузок"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Параметрические колебания упругих систем"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 7 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Собственные колебания упругих систем

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	40	20	-

Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	80	100	-
---	----	----	----	-----	---

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Для заданной системы записать уравнения движения, кинематические и динамические граничные условия
2	Применить метод конечных элементов для отыскания собственных частот и форм заданной системы
3	Методом начальных параметров составить частотное уравнение и определить низшие собственные частоты и формы
4	Провести необходимые вычисления и сравнить результаты определения низших собственных частот и форм различными методами

### 8 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Вынужденные колебания упругих систем

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 8	9 - 12	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2, 3, 4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	40	60	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	40	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Определение собственных частот и форм заданной механической системы
2	Определение обобщенных сил и составление уравнения вынужденных колебаний
3	Разработка программы вычислений стационарной реакции системы на периодическое воздействие
4	Построение амплитудно-частотной характеристики для заданного сечения

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)										Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>Знать:</b>													
методы определения реакции машин и конструкций на различные динамические воздействия с использованием современных вычислительных методов и вычислительных машин	ИД-1РПК-2							+	+	+	+	+	Контрольная работа/Заключительная контрольная работа
методы определения характеристик собственных колебаний машин, приборов и аппаратуры	ИД-1РПК-2	+	+	+	+	+							Контрольная работа/Контрольная работа 3. Определение собственных частот и форм упругих систем  Тестирование/Тест 1. Энергетический метод Релея для определения низшей собственной частоты
<b>Уметь:</b>													
применять аналитические и численные методы, а также программные комплексы для динамических расчетов машин и конструкций	ИД-1РПК-2												Контрольная работа/Заключительная контрольная работа  Контрольная работа/Контрольная работа 1. Расчет установившихся вынужденных колебаний стержней без учета демпфирования  Контрольная работа/Контрольная работа 2. Применение метода разложения по формам собственных колебаний для расчета вынужденных колебаний
применять методы расчета собственных колебаний машин и конструкций	ИД-1РПК-2	+			+								Контрольная работа/Контрольная работа 1. Определение собственных частот и форм продольных колебаний стержней

													<p>Контрольная работа/Контрольная работа 2. Определение собственных частот и форм изгибных колебаний стержней</p> <p>Контрольная работа/Контрольная работа 3. Определение собственных частот и форм упругих систем</p> <p>Тестирование/Тест 1. Энергетический метод Релея для определения низшей собственной частоты</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1. Определение собственных частот и форм продольных колебаний стержней (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2. Определение собственных частот и форм изгибных колебаний стержней (Контрольная работа)
3. Контрольная работа 3. Определение собственных частот и форм упругих систем (Контрольная работа)
4. Тест 1. Энергетический метод Релея для определения низшей собственной частоты (Тестирование)

#### **8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Заключительная контрольная работа (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 1. Расчет установившихся вынужденных колебаний стержней без учета демпфирования (Контрольная работа)
3. Контрольная работа 2. Применение метода разложения по формам собственных колебаний для расчета вынужденных колебаний (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**



### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Окопный, Ю. А. Колебания линейных систем : учебное пособие для вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств" / Ю. А. Окопный, В. П. Радин, В. П. Чирков . – М. : Спектр, 2014 . – 432 с. - ISBN 978-5-4442-0041-4 .;
2. Радин В. П., Самогин Ю. Н., Чирков В. П.- "Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2013 - (316 с.) [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59668](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59668);
3. Радин, В. П. Вынужденные колебания упругих систем : учебное пособие по курсу "Динамика машин" по направлению "Прикладная механика" / В. П. Радин, О. В. Новикова, А. В. Щугорев ; ред. В. П. Радин ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 52 с. - ISBN 978-5-7046-2026-6 . <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10339>;
4. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний : учебник для вузов по специальности "Динамика и прочность машин" / В. Л. Бидерман ; Вступление- И. В. Демьянушко . – 3-е изд., доп. – М. : Эдиториал УРСС, 2017 . – 416 с. – (Физико-математическое наследие: физика (механика)) . - ISBN 978-5-9710-4573-1 ..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. GNU Octave.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для	НТБ-302, Читальный	стул, стол письменный, компьютерная

самостоятельной работы	зал отдела обслуживания учебной литературой	сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-420, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Динамика машин

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Контрольная работа 1. Определение собственных частот и форм продольных колебаний стержней (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа 2. Определение собственных частот и форм изгибных колебаний стержней (Контрольная работа)
- КМ-3 Тест 1. Энергетический метод Релея для определения низшей собственной частоты (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа 3. Определение собственных частот и форм упругих систем (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Вариационный вывод уравнений колебаний для упругих тел					
1.1	Принцип Гамильтона-Остроградского для упругого тела				+	+
1.2	Уравнение продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней		+	+	+	+
2	Общие свойства спектров собственных колебаний					
2.1	Общие свойства спектров собственных колебаний				+	+
3	Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний					
3.1	Методы определения собственных частот и форм собственных колебаний				+	+
4	Собственные колебания стержней, пластин и оболочек					
4.1	Собственные колебания стержней постоянного поперечного сечения		+	+	+	+
4.2	Собственные колебания пластин				+	+
4.3	Собственные колебания оболочек				+	+
5	Распространение волн в упругих телах					
5.1	Распространение волн в упругих телах				+	+

Вес КМ, %:	25	25	25	25
------------	----	----	----	----

### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-5 Контрольная работа 1. Расчет установившихся вынужденных колебаний стержней без учета демпфирования (Контрольная работа)
- КМ-6 Контрольная работа 2. Применение метода разложения по формам собственных колебаний для расчета вынужденных колебаний (Контрольная работа)
- КМ-7 Заключительная контрольная работа (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем				
1.1	Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем				+
2	Вынужденные колебания упругих систем				
2.1	Установившиеся колебания		+	+	+
2.2	Неустановившиеся колебания				+
3	Поперечные колебания роторных систем				
3.1	Поперечные колебания роторных систем				+
4	Колебания упругих систем под действием подвижных и ударных нагрузок				
4.1	Колебания упругих систем под действием подвижных нагрузок				+
4.2	Колебания упругих систем под действием ударных нагрузок				+
5	Параметрические колебания упругих систем				
5.1	Параметрические колебания упругих систем				+
Вес КМ, %:			25	25	50

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Динамика машин**

(название дисциплины)

**7 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Проверка выполнения раздела 1
- КМ-2 Проверка выполнения раздела 2
- КМ-3 Проверка выполнения раздела 3
- КМ-4 Проверка выполнения раздела 4

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Для заданной системы записать уравнения движения, кинематические и динамические граничные условия		+			
2	Применить метод конечных элементов для отыскания собственных частот и форм заданной системы			+		
3	Методом начальных параметров составить частотное уравнение и определить низшие собственные частоты и формы				+	
4	Провести необходимые вычисления и сравнить результаты определения низших собственных частот и форм различными методами					+
Вес КМ, %:			10	30	40	20

**8 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Проверка выполнения 1 раздела
- КМ-2 Проверка выполнения 2,3,4 раздела

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	12
1	Определение собственных частот и форм заданной механической системы		+	
2	Определение обобщенных сил и составление уравнения вынужденных колебаний			+

3	Разработка программы вычислений стационарной реакции системы на периодическое воздействие		+
4	Построение амплитудно-частотной характеристики для заданного сечения		+
Вес КМ, %:		40	60