

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 14 » июля 20 21 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Аналитическая динамика и теория колебаний  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 15.03.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Прикладная механика (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование у студентов компетенций в сфере приобретения фундаментальных знаний в области исследования динамического поведения механических систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы (систем с распределенными параметрами) в рамках линейных и нелинейных математических моделей.

Задачи дисциплины

- формирование знаний:
  - особенностей динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы и систем с распределенными параметрами;
  - методов и приемов математической реализации задач о свободных и вынужденных колебаниях механических систем, включая системы с конечным числом степеней свободы и с распределенными параметрами;
  - основ и методов теоретического анализа параметрических колебаний и автоколебаний;
- формирование умений формулировать задачу о колебании механической системы, о выборе математической модели, адекватной реальному объекту,
- формирование навыков реализации аналитических и приближенных методов решения динамических задач.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- механические системы с конечным числом степеней свободы и с распределенными параметрами;
- аналитические и приближенные методы определения динамических характеристик механических систем.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-11	ИД-1ОПК-11	Знает проблемы и задачи аналитической динамики и теории колебаний, основные причины потери устойчивости динамического поведения конструкций и их элементов.	Знает проблемы и задачи прикладной механики	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-11	ИД-2ОПК-11	Умеет решать задачи аналитической динамики и теории колебаний с привлечением физико-математического аппарата, применять физико-математический аппарат, теоретические и расчетные методы для оценки динамического поведения конструкций и их элементов.	Умеет решать задачи прочности, динамики, надежности с привлечением физико-математического аппарата	Контрольная работа
ОПК-11	ИД-3ОПК-11	Владеет навыками применения компьютерных технологий для решения задач аналитической динамики и теории колебаний, навыками построения математических моделей динамических систем; навыками применения аналитических и численных методов теории колебаний для оценки динамики деталей машин и элементов конструкций.	Владеет навыками применения компьютерных технологий для решения задач прикладной механики	Контрольная работа
ОПК-12	ИД-1ОПК-12	Знает современные тенденции развития техники и технологии применительно к аналитической динамике и теории колебаний.	Знает современные тенденции развития техники и технологии	Экзамен
ОПК-12	ИД-2ОПК-12	Умеет применять в профессиональной деятельности подходы и принципы аналитической динамики и теории колебаний при анализе динамического поведения механических систем, применять основные расчетные подходы и методики оценки характеристик динамического поведения конструкций с целью обеспечения безопасности режимов их эксплуатации.	Умеет применять в профессиональной деятельности подходы и принципы прикладной механики	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-12	ИД-3ОПК-12	Владеет навыками использования методов решения прикладных задач аналитической динамики и теории колебаний с учетом современного состояния проблемы: проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний; выполнять расчетные работы по анализу рациональных динамических характеристик конкретных механических объектов.	Владеет навыками использования методов решения прикладных задач с учетом современного состояния проблемы.	Контрольная работа
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает основные принципы и подходы, гипотезы аналитической динамики и теории колебаний, основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний.	Знает основные принципы и подходы, гипотезы прикладной механики.	Экзамен
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет обобщать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по заданной проблеме в рамках аналитической динамики и теории колебаний, а именно: оценить основные причины потери устойчивости динамических характеристик конструкций и их элементов; анализировать основные методы расчетов динамических характеристик машин и конструкций и обоснования рациональных характеристик динамического поведения конструкций и их элементов.	Умеет обобщать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по заданной проблеме	Экзамен
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет навыками	Владеет навыками	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		проведения анализа математических моделей задач аналитической динамики и теории колебаний и составления уравнений движения механических систем, выбора метода расчета динамических характеристик механических систем.	проведения анализа математических моделей	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	25	25	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Колебания линейных одномассовых систем.	6	0	10	26
Терминология. Классификация колебательных процессов. Число степеней свободы механической системы. Классификация сил. Методы составления уравнений движения. Свободные и вынужденные колебания линейных систем. Исследование колебаний на фазовой плоскости. Способы возбуждения колебаний. Общий интеграл уравнения движения. Резонансные и антирезонансные режимы колебаний. Явление биения. Коэффициенты динамичности системы и передачи усилия. Действия негармонических сил. Колебания с учетом диссипации энергии. Свободные и вынужденные колебания с учетом диссипации энергии. Декремент затухания. Действие силы переменной частоты. Основы теории виброизоляции.				
Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы.	8	0	10	26
Колебания двухмассовых систем. Собственные формы колебаний и их свойства. Метод главных координат. Вынужденные колебания двухмассовых систем. Прямой метод решения. Метод разложения по собственным формам колебаний. Динамические гасители колебаний. Виброизоляция двухмассовых систем. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Матричная форма записи уравнения движения. Влияние трения на колебания систем с конечным числом степеней свободы.				
Численные методы решения спектральных задач	4	0	5	11
Численные методы решения спектральных задач. Простейшие приближенные формулы для оценки нижней собственной частоты. Формулы Релея, Донкерлея, метод Граммеля, метод последовательных приближений, метод Релея – Ритца. Обзор возможных подходов к реализации приближенных методов. Прямая дискретизация систем с распределенной массой. Метод конечных элементов. Примеры использования численных методов в расчетной практике.				
ИТОГО по 6-му семестру	18	0	25	63
ИТОГО по дисциплине	18	0	25	63

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
--------	--

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Применение методов составления уравнений движения для анализа колебаний механических систем.
2	Изучение методов расчета свободных колебаний одномассовых систем без учета сил сопротивления.
3	Вынужденные колебания одномассовых систем. Силовой и кинематический способы возбуждения колебаний.
4	Изучение методов расчета свободных и вынужденных колебаний механических систем с учетом сил линейного сопротивления. Сущность понятия «коэффициент динамичности»
5	Изучение методов расчета свободных и вынужденных колебаний двухмассовых систем.
6	Формирование навыков расчета свободных и вынужденных колебаний систем с конечным числом степеней свободы. Изучение теории виброизоляции
7	Изучение метода разложения по собственным формам колебаний. Главные координаты.
8	Формирование навыков применения приближенных методов определения собственных частот колебаний стержней.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин; закрепление основ теоретических знаний.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
-------	---	-------------------------------------

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Бабаков И. М. Теория колебаний : учебное пособие для вузов. 4-е изд., испр. Москва : Дрофа, 2004. 592 с.	111
2	Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. Москва : Наука, 1980. 270 с.	21
3	Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. 4-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Политехника, 1990. 272 с.	28
4	Светлицкий В. А., Стасенко И. В. Сборник задач по теории колебаний : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. Москва : Высш. шк., 1979. 368 с.	16
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Баев В. К. Теория колебаний : учебное пособие для академического бакалавриата. 2-е изд. Москва : Юрайт, 2019. 348 с. 21,75 усл. печ. л.	1
2	Кычкин В. И. Прикладная теория колебаний : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2014. 202 с. 12,75 усл. печ. л.	15
3	Яблонский А. А., Норейко С.С. Курс теории колебаний : учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб : Лань, 2003. 248 с.	59
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Мельникова Т. Е., Шевелев Н. А. Исследование динамического поведения элементов машиностроительных конструкций : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. 59 с. 3,75 усл. печ. л.	5
2	Шевелев Н.А., Мельникова Т.Е. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 44 с.	47
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Индейкин А. В. Прикладная теория колебаний	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lan93816">https://elib.pstu.ru/Record/lan93816</a> (дата обращения: 21.04.2021).	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Прочность. Устойчивость. Колебания.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6849">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6849</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	учебная аудитория: парты, стол преподавателя, доска.	1
Практическое занятие	учебная аудитория: парты, стол преподавателя, доска.	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

Факультет прикладной математики и механики  
Кафедра «Динамика и прочность машин»

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании кафедры ДПМ,  
протокол № 4 от 9 ноября 2020 г.  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.П. Матвеевко

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Аналитическая динамика и теория колебаний»**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования –  
программы академического бакалавриата

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**«Аналитическая динамика и теория колебаний»**

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.03 «Прикладная механика»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Прикладная механика (общий профиль, СУОС)
<b>Квалификация выпускника:</b>	Бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Динамика и прочность машин Вычислительная математика, механика и биомеханика
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 6

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Виды промежуточного контроля:** Экзамен: 6 семестр

Пермь 2020

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины **«Аналитическая динамика и теория колебаний»**.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля.**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических занятий и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Виды контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>ИД-1</b> <b>ОПК-11</b> <b>Знает</b> проблемы    и    задачи прикладной    механики    в области    аналитической динамики    и    теории колебаний.	<b>С</b>					<b>ТВ</b>
<b>Освоенные умения</b>						

<b>ИД-2 ОПК-11</b> Умеет решать задачи аналитической динамики и теории колебаний с привлечением физико-математического аппарата, применять теоретические и расчетные методы для оценки динамического поведения конструкций и их элементов.					<b>КР</b>	<b>ПЗ</b>
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>ИД-3 ОПК-11</b> Владеет навыками построения математической моделей динамических систем, применения расчетов аналитическими методами теории колебаний для оценки динамики деталей машин и элементов конструкций.					<b>КР</b>	<b>ПЗ</b>
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>ИД-1 ОПК-12</b> <b>Знает</b> современные тенденции развития техники технологии применительно к аналитической динамике и теории колебаний.	<b>С</b>					<b>ТВ</b>
<b>Освоенные умения</b>						
<b>ИД-2 ОПК-12</b> <b>Умеет</b> применять в профессиональной деятельности подходы и принципы аналитической динамика и теории колебаний при анализе динамического поведения механических систем.					<b>КР</b>	<b>ПЗ</b>
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>ИД-3 ОПК-12</b> <b>Владеет</b> навыками решения прикладных задач аналитической динамики и теории колебаний с учетом современного состояния проблемы					<b>КР</b>	<b>ПЗ</b>
<b>Усвоенные знания</b>						

<b>ИД-1 ПКО-2</b> Знает основные принципы, подходы, основные уравнения динамики и теории колебаний.						<b>ТВ</b>
<b>Освоенные умения</b>						
<b>ИД-2 ПКО-2</b> Умеет обобщать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по заданной проблеме в рамках аналитической динамики и теории колебаний					<b>КР</b>	<b>ПЗ</b>
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>ИД-3 ПКО-2</b> Владеет навыками проведения анализа математических моделей задач аналитической динамики и теории колебаний и составления уравнений движения механических систем.					<b>КР</b>	<b>ПЗ</b>

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ - кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР - рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – вовремя каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл.1.1) проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Проведение лабораторных работ в РПД не запланировано.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

КР1 по модулю 1 - «Свободные и вынужденные колебания одномассовых механических систем»;

КР2 по модулю 2 - «Колебания систем с конечным числом степеней свободы»;

#### **Типовые задания первой контрольной работы (КР1):**

1. Получить частотное уравнение при исследовании колебаний заданной одномассовой механической системы.

2. Определить функцию, описывающую свободные колебания одномассовой механической системы.

3. Определить частоту вынужденных колебаний одномассовой механической системы с учетом влияния вязкого трения.

#### **Типовые задания второй контрольной работы (КР2):**

1. Вычислить частоты колебаний механической системы с конечным числом степеней свободы.

2. Построить формы колебаний механической системы с конечным числом степеней свободы, соответствующие рассчитанным частотам.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

- 1.Классификация колебательных процессов.
- 2.Методы составления уравнений движения.
- 3.Явление резонанса в колебаниях одномассовых систем.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

- 1.Определить собственную частоту свободных колебаний заданной одномассовой системы.
- 2.Построить математическую модель задачи о вынужденных колебаниях заданной одномассовой механической системы.
- 3.Получить динамическую реакцию заданной системы на мгновенно приложенный импульс.

##### **Типовые практические задания для контроля приобретенных владений:**

- 1.Проанализировать понятие собственных форм и частот колебаний на примере систем с двумя степенями свободы.
- 2.Расчитать параметры динамического гасителя колебаний заданной механической системы.
- 3.Применить метод разложения по собственным формам колебаний в задаче о вынужденных колебаниях заданной механической системы.

Перечень типовых вопросов и практических заданий для проверки знаний, умений и владений представлен в Приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций

проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС программы.

#### **Критерии оценки ситуационных заданий**

**Оценка «пять» ставится,** если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагать верные пути решения складывающейся ситуации.

**Оценка «четыре» ставится,** если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.

**Оценка «три» ставится,** если обучающийся студент ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.

**Оценка «два» ставится,** если обучающийся студент не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.

## Приложение 1.

Пример типовой формы билета для экзамена



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский**  
**национальный исследовательский**  
**политехнический университет»**  
**(ПНИПУ)**

**15.03.03 «Прикладная механика»**  
**«Динамика и прочность машин, приборов и**  
**аппаратуры»**  
**Кафедра «Динамика и прочность машин»**

**Дисциплина «Аналитическая динамика и теория**  
**колебаний»**

### **БИЛЕТ №1**

1. Классификация сил, участвующих в колебательных процессах (*контроль знаний*).
2. Рассчитать частоту свободных колебаний одномассовой системы без учета сил сопротивления (схема прилагается) (*контроль умений*).
3. Рассчитать параметры динамического гасителя колебаний заданной механической системы (схема прилагается) (*контроль владений*).

Заведующий кафедрой ДПМ

\_\_\_\_\_

(подпись)

В.П. Матвеевко

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Полный комплект контрольно-измерительных материалов по дисциплине**  
**«Аналитическая динамика и теория колебаний»**

Полный комплект контрольно-измерительных материалов содержит: теоретические вопросы для теоретических опросов по лекционному материалу, практические задания, индивидуальные задания, рубежные контрольные работы, полный перечень теоретических вопросов и практических заданий аттестационного испытания в утвержденной форме и т.п. Полный комплект контрольно-измерительных материалов для контроля уровня сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций, может быть дополнен или изменен преподавателем, исходя из особенностей обучающихся той или иной академической группы, а так же принимая во внимание особенности изучаемой темы и современное информационное наполнение дисциплины.

**1. Теоретические вопросы для теоретических опросов по лекционному материалу**

1. Классификация сил участвующих в колебательных процессах.
2. Свободные колебания одномассовых систем. Фазовый портрет колебательного процесса.
3. Классификация колебательных процессов. Число степеней свободы механической системы.
4. Методы составления уравнений движения
5. Вынужденные колебания одномассовых систем.
6. Явление резонанса в колебаниях одномассовых систем. Коэффициент динамичности системы.
7. Явление биения.
8. Свободные и вынужденные колебания с учетом диссипации энергии.
9. Декремент затухания.
10. Силовой и кинематический способы возбуждения колебаний. Установившийся и переходный режимы вынужденных колебаний.
11. Свободные колебания систем с двумя степенями свободы.
12. Понятие собственных форм и частот колебаний на примере систем с двумя степенями свободы.
13. Теория виброизоляции.
14. Свойства собственных форм колебаний. Главные или нормальные координаты.
15. Динамический гаситель колебаний.
16. Вынужденные колебания систем с двумя степенями свободы.
17. Прямой метод решения задачи о вынужденных колебаниях.
18. Метод разложения по собственным формам в задачах о вынужденных колебаниях.
19. Виброизоляция систем. Активная виброизоляция. Пассивная виброизоляция.
20. Коэффициент динамичности и передачи усилия в задачах виброизоляции при наличии и отсутствии диссипации.
21. Виброизоляция двухмассовых систем.
22. Крутильные колебания валов.
23. Колебания систем с  $n$  – степенями свободы.
24. Приближенные методы отыскания собственных частот и форм колебаний. Принцип Гамильтона.
25. Разрешающие соотношения метода Релея-Ритца. Формула Релея.
26. Метод последовательных приближений.
27. Метод Донкерлея.
28. Метод Граммеля и его сравнение с формулой Релея.

**2. Практические задания**

1. Описать методы составления уравнений движения и показать способ их применения на примерах.
2. Рассчитать частоту свободных колебаний одномассовой системы без учета сил сопротивления (схема прилагается).
3. Исследовать вынужденные колебания одномассовых систем. Силовой и кинематический способы возбуждения колебаний.
4. Расчеты свободных и вынужденных колебаний механических систем с учетом сил линейного сопротивления. Сущность понятия «коэффициенты динамичности».
5. Применение методов расчета свободных и вынужденных колебаний для двухмассовых систем.
6. Расчеты свободных и вынужденных колебаний систем с конечным числом степеней свободы.
7. Анализ теории виброизоляции.
8. Применение приближенных методов расчета собственной частоты колебаний механической системы.

### **3. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланированы рубежные контрольные работы (КР1, КР2) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

КР1 по модулю 1 - «Свободные и вынужденные колебания одномассовых механических систем»;

КР2 по модулю 2 - «Колебания систем с конечным числом степеней свободы»;

#### **Типовые задания первой контрольной работы (КР1):**

1. Получить частотное уравнение при исследовании колебаний заданной одномассовой механической системы.
2. Определить функцию, описывающую свободные колебания одномассовой механической системы.
3. Определить частоту вынужденных колебаний одномассовой механической системы с учетом влияния вязкого трения.

#### **Типовые задания второй контрольной работы (КР2):**

1. Вычислить частоты колебаний механической системы с конечным числом степеней свободы.
2. Построить формы колебаний механической системы с конечным числом степеней свободы, соответствующие рассчитанным частотам.

**5. Перечень теоретических вопросов и практических заданий аттестационного испытания в утвержденной форме**



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**15.04.03 «Прикладная механика»**  
**«Динамика и прочность машин, конструкций и**  
**механизмов»**  
**Кафедра «Динамика и прочность машин»**

**Дисциплина «Аналитическая динамика и теория**  
**колебаний»**

**БИЛЕТ №1**

1. Теория виброизоляции. (*контроль знаний*).
2. Расчет частоты свободных колебаний одномассовой системы без учета сил сопротивления (схема прилагается). (*контроль умений*).
3. Исследовать вынужденные колебания заданной одномассовой систем (схема прилагается). (*контроль владений*).

Заведующий кафедрой ДПМ

\_\_\_\_\_

(подпись)

В.П. Матвеенко

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**15.03.03 «Прикладная механика»**  
**«Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры»**  
**Кафедра «Динамика и прочность машин»**

**Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний»**

**БИЛЕТ № 2**

1. Классификация сил участвующих в колебательных процессах (контроль знаний).
2. Расчет собственных форм заданной двухмассовой механической системы (контроль умений).
3. Оценка динамических режимов движения системы с элементом вязкого трения (схема задана)(контроль владений).

Заведующий кафедрой ДПМ

\_\_\_\_\_

(подпись)

В.П. Матвеенко

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**15.03.03 «Прикладная механика»**  
**«Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры»**  
**Кафедра «Динамика и прочность машин»**

**Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний»**

**БИЛЕТ № 3**

1. Динамический гаситель колебаний (*контроль знаний*).
2. Расчет собственных частот заданной механической системы (контроль умений).
3. Применение методов расчета свободных и вынужденных колебаний для двухмассовых систем (*контроль владений*).

Заведующий кафедрой ДПМ

В.П. Матвеенко

\_\_\_\_\_  
(ПОДПИСЬ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

20 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)

15.03.03 «Прикладная механика»  
«Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры»  
Кафедра «Динамика и прочность машин»

Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний»

**БИЛЕТ № 4**

1. Понятие собственных форм и частот колебаний на примере систем с двумя степенями свободы. (*контроль знаний*).
2. Расчет собственных частот заданной механической системы (контроль умений).
3. Описать методы составления уравнений движения и показать способ их применения на примерах. (*контроль владений*).

Заведующий кафедрой ДПМ \_\_\_\_\_

В.П. Матвеевко \_\_\_\_\_

(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

**ПРИЛОЖЕНИЕ к ФОС**

**для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний»**

Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения по дисциплине, формирующих дисциплинарные части компетенций.

Вопросы для контроля усвоенных знаний.

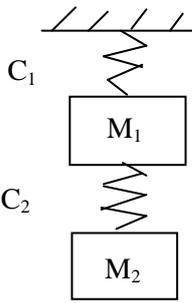
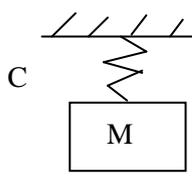
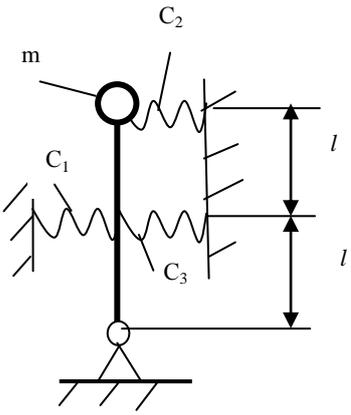
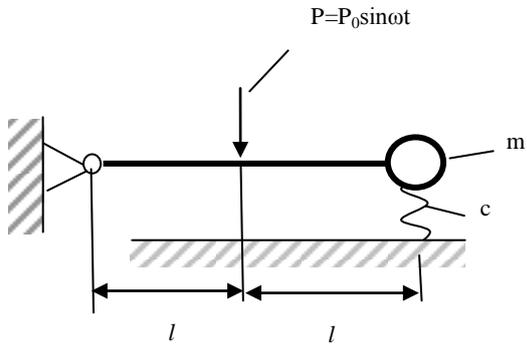
- 1). Поясните, чем отличаются понятия собственной частоты и частоты вынужденных колебаний объекта.
- 2). Дайте определение собственной форме колебания стержневых систем.
- 3). Расскажите о видах виброизоляции конструкций.
- 4). Поясните понятие «коэффициент динамичности».
- 5). Поясните суть понятия «резонанс».
- 6). Приведите основные принципы механики, положенные в основу теории колебаний механических систем.
- 7). Приведите дифференциальные уравнения, описывающие свободные колебания многомассовой системы.
- 8). Приведите дифференциальное уравнение, описывающее вынужденные колебания одномассовой системы.
- 9). Приведите дифференциальное уравнение, описывающее колебание системы с учетом вязкого трения.

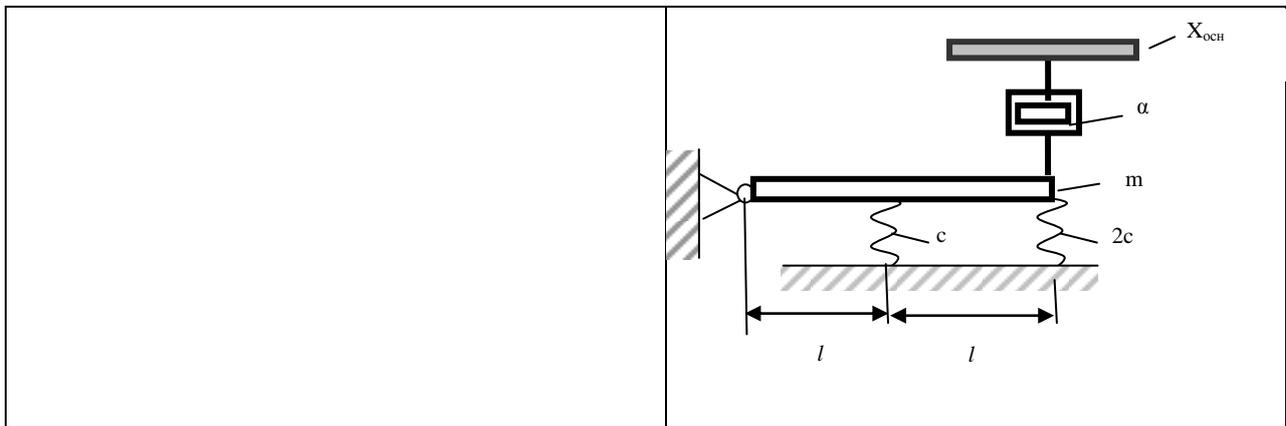
Задания для контроля усвоенных умений.

- 1). Опишите основные параметры математической постановки задачи о свободных колебаниях одномассовых систем.
- 2). Опишите основные параметры математической постановки задачи о вынужденных колебаниях многомассовых систем.
- 3). Опишите основные параметры математической постановки задачи о свободных колебаниях многомассовых систем.
- 4). Приведите методику расчета динамических параметров при решении задачи о свободных колебаниях одномассовых систем.

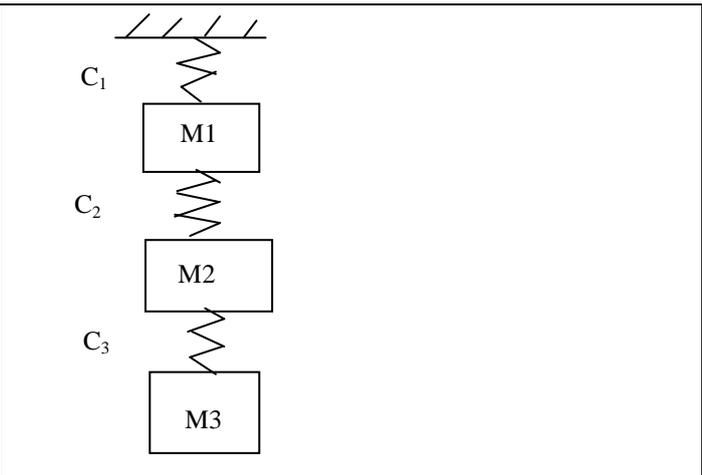
5). Приведите методику расчета динамических параметров при решении задачи о вынужденных колебаниях одномассовых систем.

Задания для контроля усвоенных умений и владений.

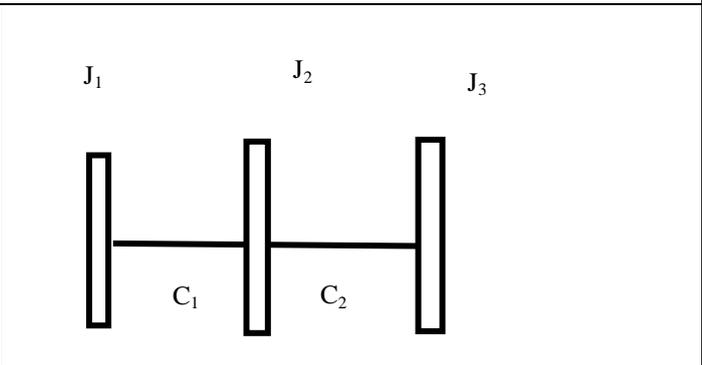
<p>1). Опишите методы составления уравнений движения и покажите способ их применения на примере задачи о колебании двухмассовой системы. Считать известными массы и жесткости системы.</p>	
<p>2). Опишите методы составления уравнений движения и покажите способ их применения на примере задачи о колебании одномассовой системы. Считать известными массу и жесткость системы.</p>	
<p>3). Получите уравнение колебаний маятника. Массу груза, геометрические, физические параметры маятника и жесткости пружин считать известными. Массу стержня не учитывать.</p>	
<p>4). Получить уравнение колебаний одномассовой системы. Массу груза, геометрические, физические параметры маятника и жесткость пружины считать известными. Массу стержня не учитывать.</p>	
<p>5). Получить уравнение колебаний одномассовой системы. Массу стержня, геометрические, коэффициент вязкого трения <math>\alpha</math>, физические параметры маятника и жесткость пружин считать известными.</p>	



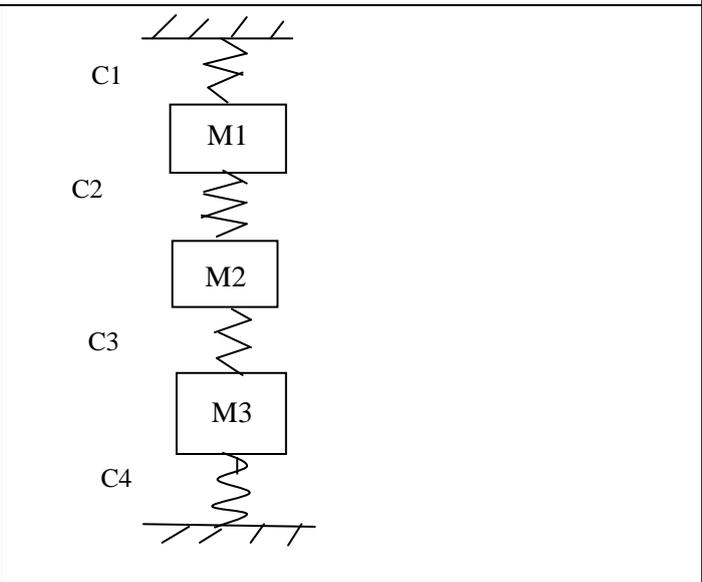
**Определить частоты и построить формы колебаний многомассовой системы.**  
 Считать, что величины масс, жесткостей элементов известны.  
 Система состоит из грузов массой  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$ , соединенных пружинами с жесткостями:  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$ . Считать, что при колебаниях система совершает смещения только по вертикали.  
 $M_1 = M_2 = M_3 = M$ ;  $C_1 = C_2 = C_3 = C$ .



**Определить частоты и построить формы колебаний многомассовой системы.**  
 Считать, что величины масс, жесткостей элементов известны.  
 Система состоит из дисков с моментами инерции  $J_1$ ,  $J_2$  и  $J_3$ , соединенных валами с разными жесткостями:  $C_1$ ,  $C_2$ . Считать, что при колебаниях система совершает крутильные колебания.  
 $J_1 = J$ ;  $J_2 = J_3 = 2J$ ;  
 $C_1 = C$ ;  $C_2 = 2C$ .



**Определить частоты и построить формы колебаний многомассовой системы.**  
 Считать, что величины масс, жесткостей элементов известны.  
 Система состоит из грузов массой  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$ , соединенных пружинами с жесткостями:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$ . Считать, что при колебаниях система совершает смещения только по вертикали.  
 $M_1 = 2M$ ,  $M_2 = M$ ,  $M_3 = 3M$ ;  
 $C_1 = C_2 = C_3 = C$ ,  $C_4 = 2C$ .



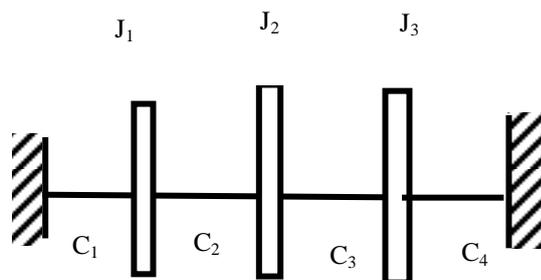
**Определить частоты и построить формы колебаний многомассовой системы.**

Считать, что величины масс, жесткостей элементов известны.

Система состоит из дисков с моментами инерции  $J_1$ ,  $J_2$  и  $J_3$ , соединенных валами с разными жесткостями:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ . Считать, что при колебаниях система совершает крутильные колебания.

$J_1 = 2J$ ;  $J_2 = J$ ;  $J_3 = 3J$ ,

$C_1 = C_2 = C_3 = C$ ,  $C_4 = 2C$ .



Разработчик: доцент Мельникова Т.Е.