



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП  
«Прикладная механика»

 Озерова Г.П.  
«28» июня 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Механики и математического моделирования

 Бочарова А.А.  
«28» июня 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА И ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ**

**Направление подготовки: 15.03.03. Прикладная механика**

Профиль подготовки:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов»

**Форма подготовки (очная)**

курс 3 семестр 5

лекции 18 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 18 час.

самостоятельная работа 72 час.

в том числе с использованием МАО лек. 8 час. /пр. 14 час. /лаб. 6 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО 28 час.

контрольные работы - семестр

курсовая работа / курсовой проект - семестр

зачёт - семестр

экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарт высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 25.02.2016 № 02-16, введенного в действие приказом ректора ДВФУ от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол № 9 от «23» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент Бочарова А.А.

Составитель: к.т.н., доцент Пузь П.Н.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация дисциплины**

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

Учебная дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний» предназначена для студентов 3 курса, обучающихся по направлению 15.03.03.«Прикладная механика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов». Дисциплина является дисциплиной выбора вариативной части блока «Дисциплины (модули)» учебного плана. (Б.1.В.ДВ.8.1). Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний» логически и содержательно связана с такими дисциплинами как «Теоретическая механика», «Физика», «Высшая математика», и другие.

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 144 часа (4 зачетные единицы) Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), практические занятия (36 часов), лабораторные работы (18 часов), самостоятельная работа студента (72 часа, из них 36 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре. Промежуточная аттестация – экзамен.

**Цель:** изучение основ аналитической механики, методов описания движения несвободных механических систем с одной и несколькими степенями свободы; исследование механических колебаний объектов с одной, двумя и более степенями свободы; изучение методов качественного и количественного анализа динамики механических систем, развитие навыков решения задач аналитической динамики и теории колебаний; развитие творческого подхода к решению профессиональных задач современной техники.

#### **Задачи:**

1. Изучить методы аналитической динамики, получить навыки их применения в практических задачах.
2. Изучить основы теории колебаний механических систем, приемы

моделирования механических колебаний точки, механической системы с одной и несколькими степенями свободы.

3. Научить теоретическим и расчётно-экспериментальным приемам при решении задач теории механических колебаний.

Для успешного изучения дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- Знание основных понятий и представлений об инженерных объектах (сооружениях, конструкциях, машинах), задачах и методах строительной механики (классической и современной), расчетных моделях и анализе результатов расчета на прочность, жесткость и устойчивость.

- Умение работать с различными источниками информации: книгами, учебниками, справочниками, интернетом с целью извлечения необходимой для проектной работы информации.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-12 –способностью проектировать детали и узлы с использованием программных систем проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов	Знает	методы и приемы разработки проектов по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, безопасности сооружений, машин и конструкций, надежности и износостойкости узлов и деталей машин.
	Умеет	разрабатывать разделы проектов по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, безопасности машин и конструкций, надежности и износостойкости узлов и деталей машин , предлагать технические решения, использовать современные системы автоматизированного проектирования
	Владеет	навыками проектировочных и проверочных расчетов с использованием современных программных комплексов и систем автоматизированного проектирования.
П-13 готовностью	Знает	государственные стандарты на проектирование и

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин		конструирование инженерных объектов; расчеты на прочность, устойчивость машин; содержание расчетов на долговечность, надежность и износостойкость машин и их узлов, основы теории механических колебаний.
	Умеет	Проектировать, создавать методики и проводить расчеты на устойчивость, определять основные параметры колебательного движения объектов (машин, оборудования и конструкций); формулировать и решать задачи на долговечность, надежность, безопасность объектов
	Владеет	основными методами, способами и средствами проектирования и расчета инженерных конструкций и их элементов, машин и их узлов на основе теории колебаний.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- проблемная лекция
- групповая консультация,
- выполнение расчетно-графических работ,
- написание научного реферата.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел I. Основные положения аналитической механики (8 час.)**

#### **Тема 1. Понятия и определения (2 час.)**

Предмет и структура аналитической механики. Аналитическая динамика. Понятие механической системы. Свободная и несвободная механическая система. Связи и их реакции. Классификация связей.

#### **Тема 2. Принцип возможных перемещений (1 час)**

Возможные и действительные перемещения точек несвободной механической системы. Примеры. Виртуальная работа. Принцип возможных перемещений. Методика применения принципа возможных перемещений для определения неизвестных задаваемых сил, приложенных к простейшим механизмам и машинам, и определения реакцией идеальных связей.

### **Тема 3. Общее уравнение динамики механической системы (1 час.)**

Принцип кинетостатики. Даламберовы силы инерции. Общее уравнение динамики как совокупность принципа Даламбера и принципа возможных перемещений. Методика применения общего уравнения динамики механических систем.

### **Тема 4. Обобщенные координаты и обобщенные силы (2 час.)**

Обобщенные координаты и обобщенные силы. Уравнения Лагранжа второго рода. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Уравнения Лагранжа второго рода для консервативных механических систем.

### **Тема 5. Механические системы с несколькими степенями свободы (2 час.)**

Составление дифференциальных уравнений движения механических систем с несколькими степенями свободы в обобщенных координатах. Применение уравнений Лагранжа второго рода для консервативных механических систем. Понятие о циклических координатах.

## **Раздел II. Элементы теории механических колебаний (10 час.)**

### **Тема 1. Основные понятия и определения теории механических колебаний. Виды колебаний (2 час.).**

Восстанавливающая сила. Природа восстанавливающей силы. Собственная частота, амплитуда, начальная фаза, период колебаний. Свободные, вынужденные, параметрические колебания, автоколебания. Линейные и нелинейные колебания. Малые колебания (вибрации). Колебания систем с одной и несколькими степенями свободы.

## **Тема 2. Элементы теории устойчивости (2 час.).**

Устойчивость движения и равновесия. Определение положения равновесия механической системы с несколькими степенями свободы. Устойчивость положения равновесия в теории механических колебаний. Критерий устойчивости равновесия консервативной механической системы с одной и несколькими степенями свободы. Теорема Лагранжа-Дирихле. Критерий Сильвестра. Зависимость устойчивости равновесия от параметра для консервативной системы (Примеры: случай флаттера).

## **Тема 3. Свободные и вынужденные колебания механической системы с одной степенью свободы (2 час.).**

Составление дифференциальных уравнений малых свободных колебаний консервативной механической системы. Свободные колебания с учетом сил сопротивления. Линейно- и нелинейно-вязкостное трение. Затухающие колебания. Декремент затухания. Апериодическое движение.

Вынужденные колебания. Случай гармонической вынуждающей силы. Коэффициент динамичности. Кинематическое возбуждение колебаний. Явление резонанса. Случай произвольной вынуждающей силы. Решение дифференциального уравнения методом Лагранжа.

## **Тема 4. Свободные и вынужденные колебания механических систем с двумя степенями свободы (2 час.).**

Составление дифференциальных уравнений движения. Вековое уравнение частот. Парциальные частоты. Главные формы и частоты колебаний. Динамический гаситель колебаний.

## **Тема 5. Параметрические колебания. Автоколебания. (2 час.)**

Нестационарные позиционные силы. Механические модели систем, совершающих параметрические колебания. Составление дифференциальных уравнений, их решения и анализ. Параметрический резонанс. Уравнение Хила. Уравнение Матье.

Автоколебания. Качественный анализ колебаний. Уравнение Ван-Дер-

Поля. Стационарные автоколебания.

Колебания консервативных систем с многими степенями свободы. Уравнения свободных колебаний диссипативных систем со многими степенями свободы.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36 час.)**

#### **Занятие 1. Принцип возможных перемещений (2 час.)**

1. Применение принципа для определения неизвестных задаваемых сил.
2. Применение принципа для определения реакций идеальных связей.
3. Уравнения Лагранжа первого рода, их механический смысл.

#### **Занятие 2. Общее уравнение динамики механической системы (2 час.)**

1. Принцип кинетостатики.
2. Методика применения общего уравнения динамики .

#### **Занятие 3. Обобщенные силы(2 час.)**

1. Определение обобщенных сил в общем случае.
2. Определение обобщенных сил для консервативных механических систем. Условия равновесия консервативных механических систем.

#### **Занятие 4. Уравнения Лагранжа второго рода(4 час.)**

1. Применение уравнений для механической системы с одной и двумя степенями свободы.

#### **Занятие 5. Системы с несколькими степенями свободы (2 час.)**

1. Составление дифференциальных уравнений движения и их анализ.

#### **Занятие 6. Прямолинейные колебания точки. Свободные и вынужденные колебания. (2 час.)**

1. Свободные колебания и свободные с учетом сил сопротивления. Колебание тела подвешенного к пружине. Положение статического равновесия.

2. Вынужденные колебания. Случай резонанса. Биения.

## **Занятие 7. Равновесия механической системы. Устойчивость равновесия (2 час.).**

1. Условие равновесия механической системы в обобщенных координатах.
2. Устойчивость положения равновесия. Теорема Лагранжа-Дирихле.
3. Зависимость устойчивости равновесия от параметра.

## **Занятие 8. Свободные колебания механической системы с одной и двумя степенями свободы (6 час.)**

1. Малые свободные колебания консервативной механической системы (совокупность тел, соединенных двусторонними, идеальными, стационарными связями) с одной степенью свободы.

2. Малые свободные колебания консервативной механической системы (совокупность тел, соединенных двусторонними, идеальными, стационарными связями) с двумя степенями свободы.

3. Парциальные системы.
4. Свободные колебания систем, содержащих циклические координаты.
5. Пример: крутильные колебания вала с двумя дисками.

## **Занятие 7. Свободные колебания диссипативных систем (2 час.)**

1. Решение уравнений свободных колебаний линейных диссипативных систем со многими степенями свободы.

2. Характер колебаний диссипативных систем.
3. Приведение уравнений колебаний диссипативных систем к главным координатам.
4. Случаи внешнего и внутреннего трения.

## **Занятие 8. Установившиеся вынужденные колебания (4 час.)**

1. Установившиеся вынужденные колебания в не диссипативных системах с конечным числом степеней свободы.

2. Приведение уравнений установившихся вынужденных колебаний не диссипативных систем к главным координатам.

3. Установившиеся вынужденные колебания в диссипативных системах

с конечным числом степеней свободы.

4. Приведение уравнений к главным координатам.

### **Занятие 9. Неустановившиеся вынужденные колебания (4 час.)**

1. Неустановившиеся вынужденные колебания в линейных системах с конечным числом степеней свободы.

2. Разложение по формам собственных колебаний.

3. Применение преобразования Лапласа для исследования неустановившихся вынужденных колебаний.

4. Метод главных координат. Приближенные методы определения собственных частот.

5. Методы динамических податливостей и жесткостей.

### **Занятие 10. Методы борьбы с вибрациями (4 час.)**

1. Методы борьбы с вибрацией.

2. Полезные и вредные проявления вибраций.

3. Балансировка, отстройка от резонансов, введение демпферов.

4. Динамические гасители колебаний.

5. Виброизоляция, активная и пассивная виброзащита.

### **Лабораторные работы (18 час.)**

**Лабораторная работа №1.** Кинематика гармонических колебаний.(2 час.).

**Лабораторная работа №2.** Свободные колебания системы с одной степенью свободы при отсутствии сопротивления (2 час.).

**Лабораторная работа №3.** Свободные колебания системы с одной степенью свободы при наличии вязкого сопротивления. (2 час.).

**Лабораторная работа №4.** Свободные колебания системы с одной степенью свободы при наличии трения.(2 час.).

**Лабораторная работа №5.** Способы построения функций Ляпунова.(2 час.).

**Лабораторная работа №6.** Свободные колебания нелинейной

консервативной системы с одной степенью свободы.(2 час.).

**Лабораторная работа №7.** Параметрические колебания систем.(2 час.).

**Лабораторная работа № 8.** Автоколебания (2 час.).

**Лабораторная работа № 9.** Амплитудно-частотные характеристики механических колебаний (2 час.).

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основные положения аналитической механики	ПК-13, ПК-14	<u>Знает</u> : основные понятия аналитической механики и методы описания движения мех.	Посещение занятий. Экспресс-опрос по темам 1-5	Вопросы 1-7

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
			систем		
			<u>Умеет:</u> применять методы аналитической механики к решению профессиональных задач	Решение практических задач по темам 1-5.	Промежуточная защита Д-14.
			<u>Владеет:</u> способностью применять методы аналитической механики	Выполнение задания Д-14	Защита Д-14
2	Раздел II. Элементы теории механических колебаний	ПК-13, ПК-14,	<u>знает:</u> основные виды колебаний, характеристики колебаний, компьютерное моделирование и анализ колебательного движения точки, системы.	Посещение занятий. Опрос по темам 1-5	Вопросы 8-27
			<u>Умеет:</u> составлять и решать диф. уравнения различных видов колебаний	Решение задач по темам раздела. Лабораторные работы №1-9	Промежуточная защита Д-23
			<u>Владеет:</u> методиками исследования колебательного движения и практического анализа	Выполнение задания Д-23	Защита Д-23

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
		профессиональных задач механических колебаний систем.		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Основная литература

1.1. Юдин В.А. Лекции по общим теоремам динамики механических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Юдин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015. — 109 с. — 978-5-7795-0731-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68782.html>

1.2. Прямолинейные колебания материальной точки [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 24 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74346.html>

1.3. Устинов Ю.Ф. Механические колебания и виброакустическая защита транспортно-технологических строительных машин [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Ф. Устинов. — Электрон.текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 241 с. — 978-5-89040-527-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55013.html>

1.4. А. А. Яблонский, В. М. Никифорова Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика : учебник для вузов по техническим специальностям / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова - Москва : КноРус, 2011. – 603 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:670378&theme=FEFU>

1.5. Семенихина Д.В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний. Часть1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.В. Семенихина. — Электрон.текстовые данные. — Таганрог: Южный федеральный университет, 2015. — 84 с. — 978-5-9275-1815-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68216.html>

1.6 Шинкин, В. Н. Теоретическая механика [Электронный ресурс] : динамика и аналитическая механика. Курс лекций / В. Н. Шинкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 206 с. — 978-5-87623-391-2 <http://www.iprbookshop.ru/56205.html>

## **2. Дополнительная литература**

1. Терлецкий И. А. Введение в теорию колебательных и волновых процессов. - Владивосток. Изд-во ДВГТУ, 2007. -247 с.<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:386992&theme=FEFU>

2. . Семенихина Д.В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний. Часть1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Семенихина Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Таганрог: Южный федеральный университет, 2015.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68216.html>

3. Смолин, И.Ю. Аналитическая динамика и теория колебаний [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Ю. Смолин, В.В. Каракулов. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2012. — 172 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44966>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Содержание методических указаний включает:

- рекомендации по планированию времени, отведенного на изучение дисциплины;
- описание последовательности действий студента при изучении дисциплины;
- рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса;
- рекомендации по подготовке к зачету, экзамену (Приложение 3).

## **VII. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Не предусмотрено.

## **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для успешного освоения дисциплины используются аудитории со следующим оборудованием

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара)

Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS TAM 201 Standart III

Документ-камера Avervision CP355AF

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA

Комплект удлинителей DVI по витой паре (передатчик/приёмник), Extron DVI 201 Tx/Rx

Матричный коммутатор DVI 4x4. Extron DXP 44 DVI PRO

Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW 122 G3 в составе речевого приёмника EM 100 G3, передатчика SK 100 G3, петличного микрофон ME 4 с ветрозащитой и антенн (2 шт.)

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800

Расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48

Сетевая видеокамера Multipix MP-HD718

Сетевой контроллер управления Extron IPL T S4

Стойка металлическая для ЖК-дисплея У SMS Flatscreen FH T1450

Усилитель мощности, Extron XPA 2001-100V

Цифровой аудиопроцессор, Extron DMP 44 LC

Шкаф настенный 19" 7U, Abacom VSP-W960SG60

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА И ТЕОРИЯ  
КОЛЕБАНИЙ»**

**Направление подготовки: 15.03.03. «Прикладная механика»**

Профиль подготовки:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем и  
процессов»

Форма подготовки очная

Владивосток  
2016

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний» состоит из:

- самостоятельного изучения отдельных тем (вопросов);
- выполнения расчетно-графических работ (заданий) (основная составляющая СРС, для которой ниже приведен план-график);
- написание рефератов подготовка кратких презентаций;
- выполнение студенческой научной работы (по желанию).

Формы контроля:

- опрос;
- консультация и защита РГЗ;
- представление и презентация реферата.

**1. План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	2-6 неделя	Консультация, промежуточная защита РГР 1, Д-15,	4 час.	УО-1, ПР-2
2	7 неделя	защита РГР 1, Д-15	2 час.	ПР-12
3	8 неделя	Консультация, подготовка отчетов по лаб. №1,2,3,4 промежуточная защита	6 час.	УО-1; ПР-2
4	9 неделя	Защита лаб. №1,2,3,4	4 час.	ПР-12
5	10 – 12 неделя	Консультация, промежуточная защита РГР2, Д-23	6час.	УО-1; ПР-2
6	13-14 неделя	защита РГР2, Д-23	4час.	ПР-12
7	14-16 неделя	Консультация, подготовка отчетов	6 час.	УО-1; ПР-2

		по лаб. №5,6,7,8,9 промежуточная защита		
8	17- неделя	Защита лаб. №5,6,7,8,9	4 час.	ПР-12
	5-18 неделя	Подготовка кэкзамену	36 час.	Экз.
		<b>Итого:</b>	<b>72 часов</b>	

## 2. Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

### 2.1. Расчетно-графические работы.

При изучении курса «Аналитическая динамика и теория колебаний» данной РПУД главной составляющей СРС является выполнение расчетно-графических работ (курсовых работ), которые выбираются из пособия V.1.7 (см. список основной учебной литературы).

Рекомендуется следующий состав РГР

#### **РГР 1:**

Д15 – Применение принципа возможных перемещений к определению реакций опор составной конструкции.

#### **РГР 2 :**

Д23 – Исследование свободных колебаний механической системы с одной степенью свободы.

*Примечание:* состав и содержание работ могут меняться при изменении рабочей программы или по решению кафедры. Примеры заданий приведены в приложении 2.

### **Собеседование**

Осуществляется преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Вопросы для подготовки приведены в приложении 2. Для подготовки используется Конспекты лекций, основная и дополнительная литература, которые являются основным источником учебной информации. Популярная литература по механике может оказаться полезным

дополнительным источником информации по дисциплине «Основы теоретической механики» (в списке литературы не приведена). Собеседование проводится в виде диалога по вопросам курса или в процессе решения простейших учебных задач с каждым студентом или несколькими студентами. Также собеседование может иметь место при написании студентом реферата.

### **Написание и защита реферата**

Темы рефератов приведены в приложении 2. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Основы теоретической механики» (см. список литературы), а также научно-популярная литература по механике.

Защита осуществляется после написания реферата в процессе собеседования или при презентации его. Представление реферата возможно после изучения соответствующих тем курса.

### **3. Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

#### **3.1. Требования к оформлению пояснительной записки РГР.**

1. Данные для выполнения задания следует выбирать из соответствующей таблицы согласно своему номеру (варианту) в групповом журнале.

2. Задания оформляются на стандартных листах писчей бумаги формата А-4 (297×210 мм). Примечание: допускается применение бумаги в клетку близкого к стандарту размера.

3. Все расчеты и пояснения к ним выполняются чернилами (пастой), записи ведутся только на одной стороне листа (приветствуется электронный набор пояснительной записки).

4. Графическая часть задания выполняется в виде эскизов на чертежной или миллиметровой бумаге (допускается применение бумаги в клетку).

5. При оформлении работы необходимо:

- написать полное (краткое) условие задачи, изобразить схему своего варианта;
- изобразить расчетную схему (несколько расчетных схем, если это требуется по ходу решения задачи);
- изложить решение задачи в общем виде, подставив численные значения в конечные буквенные выражения найденных неизвестных, соблюдая единицы измерения величин.

### 3.2. Требования к оформлению реферата

Реферат оформляют на отдельных листах бумаги. Материал излагается в соответствие с планом работы, согласованным с руководителем (допускается электронная форма с дальнейшей презентацией).

Реферат состоит из введения, основного текста, заключения и списка литературы. Реферат при необходимости может содержать приложение. Каждая из частей начинается с новой страницы.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Заголовки следует печатать с прописной буквы. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. В конце заголовка точку не ставят. Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть не менее 10 мм.

Титульный лист является первой страницей реферата, заполняется по строго определенным правилам и оформляется на отдельном листе бумаги. Нормы оформления титульного листа зависят от принятых на кафедре стандартов.

Оглавление размещается после титульного листа. Слово «Оглавление» записывается в виде заголовка (по центру). В оглавлении приводятся все заголовки работы и указываются страницы. Оглавление должно точно повторять все заголовки в тексте.

Во введении реферата указываются актуальность темы реферата, цель реферата, задачи, которые необходимо решить, чтобы достигнуть указанной

цели. Кроме того, во введении реферата дается краткая характеристика структуры работы и использованных информационных источников (литературы). Объем введения для реферата – 1-1,5 страницы.

Основной текст разделён на главы. Если текст достаточно объёмный, то главы дополнительно делятся на параграфы. Главы можно заканчивать выводами, хотя для реферата это не является обязательным требованием. Главы и параграфы реферата нумеруются. Точка после номера не ставится. Номер параграфа реферата включает номер соответствующей главы, отделяемый от собственного номера точкой, например: «1.3». Заголовки не должны иметь переносов и подчеркиваний, но допускается выделять их полужирным шрифтом или курсивом.

Если реферат маленький (общий объем – 8-10 стр.), то его можно не разбивать на главы, а просто указывается «Основная часть», которая выступает в качестве заголовка единственной главы. Однако все-таки предпочтительнее, чтобы текст был разбит на главы (хотя бы две). Обычно в реферате 3-4 главы. Каждая новая глава начинается с новой страницы. На основную часть реферата приходится 6-16 страниц.

В заключении формулируются выводы, а также предлагаются пути дальнейшего изучения темы. Здесь необходимо указать, почему важны и актуальны рассматриваемые в реферате вопросы. В заключении должны быть представлены ответы на поставленные во введении задачи, сформулирован общий вывод и дано заключение о достижении цели реферата. Заключение должно быть кратким, четким, выводы должны вытекать из содержания основной части.

При составлении списка литературы следует придерживаться общепринятых стандартов. Список литературы у реферата – 4-12 позиций. Работы, указанные в списке литературы, должны быть относительно новыми, выпущенными за последние 5-10 лет. Более старые источники можно использовать лишь при условии их уникальности.

#### **4. Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов считается выполненной в полном объеме и с удовлетворительным качеством при условии, что:

1. При опросе проявлены знания и умения, соответствующие требованиям компетенций и содержанию РУПД.
2. РГР прошла защиту и пояснительная записка сдана преподавателю.
3. Реферат принят руководителем (презентация по усмотрению студента и руководителя).

Критерии оценки каждого вида работы приведены в приложении 2.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний»  
**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**  
Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование  
механических систем и процессов»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2016**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-13 – готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	Знает	государственные стандарты на проектирование и конструирование инженерных объектов; расчеты на прочность, устойчивость машин; содержание расчетов на долговечность, надежность и износостойкость машин и их узлов, основы теории механических колебаний.
	Умеет	Проектировать, создавать методики и проводить расчеты на устойчивость, определять основные параметры колебательного движения объектов (машин, оборудования и конструкций); формулировать и решать задачи на долговечность, надежность, безопасность объектов
	Владеет	основными методами, способами и средствами проектирования и расчета инженерных конструкций и их элементов, машин и их узлов на основе теории колебаний.
ПК-14 – готовностью участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы	Знает	Основные технико-экономические показатели проектируемых объектов, работа которых сопровождается вибрациями, и методику сравнения их для выбора оптимального решения.
	Умеет	Проводить расчеты, выполнять анализ и сравнение основных технико-экономических показателей проектируемых объектов (машин, оборудования); обосновывать выбор оптимального решения
	Владеет	процессом поиска технических решений для обеспечения рациональных параметров объектов, совершающих колебания; методами анализа и сравнения технико-экономических показателей с целью выбора оптимального решения.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основные положения	ПК-13, ПК-14	<u>Знает</u> : основные понятия аналитической	Посещение занятий. Экспресс-опрос по темам 1-5	Вопросы 1-7

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
	аналитической механики		механики и методы описания движения мех. систем		
			<u>Умеет:</u> применять методы аналитической механики к решению профессиональных задач	Решение практических задач по темам 1-5.	Промежуточная защита Д-14.
			<u>Владеет:</u> способностью применять методы аналитической механики	Выполнение задания Д-14	Защита Д-14
2	Раздел II. Элементы теории механических колебаний	ПК-13, ПК-14,	<u>знает:</u> основные виды колебаний, характеристики колебаний, компьютерное моделирование и анализ колебательного движения точки, системы.	Посещение занятий. Опрос по темам 1-5	Вопросы 8-27
			<u>Умеет:</u> составлять и решать диф. уравнения различных видов колебаний	Решение задач по темам раздела. Лабораторные работы №1-9	Промежуточная защита Д-23
			<u>Владеет:</u> методиками исследования	Выполнение задания Д-23	Защита Д-23

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
		колебательного движения и практического анализа профессиональных задач механических колебаний систем.		

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-13 – готовностью участвовать в проектировании и машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	знает (пороговый уровень)	основы аналитической механики и теории механических колебаний стандартные механические и математические модели колебаний, связанных с профессиональной деятельностью, критерии сравнения эффективности принимаемых решений	о направлениях перспективных исследований, путях развития науки, техники и технологий по обеспечению прочности, устойчивости машин и конструкций, подверженных колебаниям	в общих чертах содержание методики оценки путей развития теории колебаний в задачах профессиональной деятельности
	умеет (продвинутый)	выявлять физическую сущность и строить математические	умеет грамотно выбирать и использовать научно-техническую и	уверенно ориентироваться в современных электронных научных базах

		модели механических явлений (колебательного движения), предлагать методы решения профессиональных задач, проводить анализ этих решений.	справочную информацию при решении профессиональных задач	данных, самостоятельно отыскивать актуальные источники научно-технической и справочной информацией в сети Internet
	владеет (высокий)	навыками анализа профессиональных проблем, реализации принятых на основе этого анализа решений	базовыми навыками решения научных, технических проблем колебательного движения в области профессиональной деятельности	способностью сформулировать задачу и указать методы ее решения
ПК-14 – готовностью участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы	знает (пороговый уровень)	принципы моделирования, приемы, методы, способы формализации колебательных, явлений и реализации их на ЭВМ; достоинства и недостатки различных способов представления и составления моделей систем; особенности компьютерного моделирования механических систем.	государственные стандарты и прочие нормативно-правовые документы в сфере профессиональной деятельности	приемы подбора научно-технической литературы; правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД
	умеет (продвинутый)	применять на практике основные методы исследования механических и математических моделей колебательных	собрать и проанализировать информацию, которая поможет выбрать нормативные показатели качества	оценивать уровень показателей качества, которые достижимы при доступных процессах, персонале,

		процессов в конструкциях и машинах; работать с компьютерными системами; пользоваться современными программными средствами.		ресурсах, инфраструктуре и финансовых средствах в конкретных условиях производства
	владеет (высокий)	Приемами механического моделирования, математическим аппаратом, необходимым для построения математических моделей, пакетами прикладных программ для инженерного анализа CAD/CAE/CAM систем.	методами и средствами оценки и анализа соответствия предъявляемым требованиям к проектируемой продукции, или при оказании проектируемой услуги, или выполнении проектируемой работы	способностью провести анализ возможностей появления недопустимых несоответствий (дефектов) при производстве и использовании (эксплуатации) проектируемой продукции, или при оказании проектируемой услуги, или выполнении проектируемой работы

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Вопросы для подготовки к экзамену являются теоретическими и предназначены для оценивания порогового, продвинутого и высокого уровня освоения дисциплины. При сдаче экзамена возможны экспресс задачи по темам дисциплины, не требующие громоздких вычислений.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Не предусмотрены

### **Вопросы к экзамену**

1. Аналитическая динамика. Предмет методы, структура.
2. Несвободные механические системы, Классификация связей.

3. Возможные и действительные перемещения точек несвободной механической системы. Степени свободы.
4. Принцип возможных перемещений.
5. Общее уравнение динамики механической системы.
6. Обобщенные координаты. Обобщенные силы.
7. Уравнения Лагранжа второго рода.
8. Классификация колебательных систем – число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные. Вибрации.
9. Классификация колебательных процессов – свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания.
10. Построение механической модели – ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях.
11. Кинематика колебаний. Периодические колебания – период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет.
12. Системы с одной степенью свободы.
13. Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент затуханий. Случай большого сопротивления.
14. Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биения. Резонанс.
15. Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые.
16. Система под действием периодической возмущающей силы.
17. Система под действием произвольной возмущающей силы.
18. Колебания систем с несколькими степенями свободы.

19. Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости.

20. Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения.

21. Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм.

22. Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование.

23. Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости.

24. Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния.

25. Уравнения движения для диссипативной системы.

26. Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Динамический гаситель колебаний.

27. Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине  
«Аналитическая динамика и теория колебаний»**

Баллы (рейтингово й оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
-----------------------------------	-------------------------------------	--

86-100	«отлично»	<u>Оценка «отлично»</u> выставляется студенту: обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение применять его и владение изученным материалом; излагающему ответы полно, последовательно и логически стройно; усвоившему взаимосвязь основных и производных понятий; проявившему творческие способности в знании, умении и владении изученным материалом; знающему, умеющему и владеющему навыками приемами выполнения практических заданий и профессиональных задач; показывающему знакомство с основной и дополнительной учебной литературой; способному самостоятельно пополнять и развивать знания, умения и навыки в профессиональной деятельности
76-85	«хорошо»	<u>Оценка «хорошо»</u> выставляется студенту: обнаружившему системное знание, хорошее умение и владение учебным материалом; излагающему ответы грамотно и по существу заданных вопросов; не допускающему грубых неточностей; умеющему применять основные методики решения стандартных задач; способному самостоятельно пополнять умения и навыки в учебной деятельности
61-75	«удовлетворительно»	<u>Оценка «удовлетворительно»</u> выставляется студенту: обнаружившему знание программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; усвоившему взаимосвязь основных понятий; допускающему в ответах неточности, испытывающему затруднения при решении практических задач, способному ликвидировать пробелы в знаниях и умениях под руководством преподавателя
Менее 61	«неудовлетворительно»	<u>Оценка «неудовлетворительно»</u> выставляется студенту: обнаружившему большие пробелы в знании основного программного материала; допускающему принципиальные ошибки в изложении материала или в ответах на вопросы; не умеющему применять имеющиеся знания в решении практических и профессиональных задач; не владеющему основными методиками решения задач или испытывающему значительные затруднения в этом; изучившим материал в объеме, недостаточном для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; не могущему продолжить обучение без дополнительных занятий дисциплине

## Темы рефератов

Темы рефератов научного содержания определяются в индивидуальном порядке и могут заменять расчетно-графические работы или дополнять их.

### **Критерии оценки качества реферата**

100-85 баллов выставляется студенту, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материала по теме реферата, умеющему применять его в своей учебе, подготовившему презентацию доклада с применением интерактивных методов изложения и обсуждения, способного самостоятельно пополнять и развивать знания, умения и навыки в области механики.

85-76 баллов выставляется студенту, обнаружившему системное знание, хорошее умение и владение изученным материалом; излагающему доклад грамотно и по существу с применением интерактивных методов, способному самостоятельно знания в области механики.

75-61 балл выставляется студенту за изложение основного материала по теме реферата, проявившему знание рассмотренных вопросов, представившего доклад с использованием ЭВМ.

60-50 баллов выставляется студенту, существенно кратко изложившему собранный материал и представившему его в виде записки без использования электронных инструментов.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний»**

**Направление подготовки: 15.03.03 «Прикладная механика»**

Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное  
моделирование механических систем и процессов»

Владивосток  
2016

## **1. Рекомендации по планированию времени, отведенного на изучение дисциплины.**

1.1. При планировании времени на самостоятельную работу необходимо руководствоваться план - графиком (приведен выше).

1.2. Перед каждой новой темой занятий предусмотреть время для повторения материала предыдущих тем.

1.3. Перед выполнением лабораторной работы подготовить необходимые сопутствующие материалы (формы отчетов, используемые программные средства и т.д.).

1.4. Предусмотреть время на самоподготовку перед сдачей расчетно-графических работ или защитой лабораторных работ.

## **2. Описание последовательности действий студента при изучении дисциплины.**

2.1. Аналитическая динамика и теория колебаний - специальная дисциплина механического цикла. Она опирается на естественно- и общенаучные дисциплины и является фундаментом инженерных расчетов и исследований специальных задач.

При изучении данной дисциплины необходимо:

1. Ознакомиться с программой курса.
2. Обеспечить себя учебной литературой теоретического и практического назначения, вспомогательным материалом по мере изучения тем.
3. Предусмотреть обязательное общение с преподавателем через лекции, практические занятия и индивидуальные консультации.
4. Рекомендуется следующая последовательность изучения дисциплины
  - а) посещение лекций с обязательным конспектированием и последующим заучиванием понятий и определений механики и установлением взаимосвязей между ними,
  - б) изучение методик и приемов решения стандартных задач механики на практических занятиях,

в) самостоятельное решение задач из предлагаемых сборников задач и выполнение расчетно-графических заданий по основным темам дисциплины,

г) участие в учебно-исследовательской и научно-исследовательской работе студентов по кафедре.

2.2. В качестве основной используется традиционная технология изучения материала, предполагающая живое общение преподавателя и студента. Существенным дополнением служат иллюстративные видеоматериалы. Отдельные вопросы программы могут быть проиллюстрированы при помощи демонстрационных приборов.

Все виды деятельности студента должны быть обеспечены доступом к учебно-методическим материалам (учебникам, учебным пособиям, методическим указаниям к решению задач, методическими указаниями к выполнению расчетно-графических работ). Учебные материалы должны быть доступны в печатном виде, а кроме этого могут быть представлены в электронном варианте (электронный учебник, обучающая программа и.т.д.) и предоставляться на CD и/или размещаться на сайте учебного заведения.

Курс разделен на два раздела – аналитическая динамика, теория колебаний, каждый из которых, в свою очередь, разделяется на темы.

Изучение аналитической динамики предполагает выполнение расчетно-графической работы. Выполненная расчетно-графическая работа в указанные сроки передается преподавателю для проверки. Сданная работа проверяется, рецензируется и возвращается студенту. Возвращенная и, при необходимости, исправленная работа подлежит защите преподавателю.

Изучение теории колебаний также предполагает выполнение соответствующей расчетно-графической работы.

При защите работы студент должен продемонстрировать знание теоретических вопросов данного блока и навыки решения соответствующих задач.

В процессе самостоятельной работы студент, выполняя индивидуальные домашние задачи по каждому разделу, закрепляет полученные на практических занятиях знания и навыки; может использовать обучающие программы.

При промежуточном контроле усвоения материала раздела может использоваться компьютерное тестирование. Выполнение заданий для самостоятельной работы и защита расчетно-графической работы являются формой промежуточного контроля знаний по данному разделу.

При успешном прохождении промежуточного контроля по каждому разделу, студент получает зачет или допуск к экзамену.

### **3. Рекомендации по использованию учебно-методических материалов.**

3.1. Кафедра М и ММ имеет необходимый перечень методических материалов, которые могут помочь в изучении курса. С перечнем и возможностью их использования можно ознакомиться на кафедре.

3.2. Использовать методические материалы кафедры рекомендуется по мере изучения разделов и тем дисциплины и в сроки согласно план-графика.

3.3. Вопросы, связанные с использованием таких материалов, необходимо обсуждать с ведущим преподавателем.

### **4. Рекомендации по подготовке к экзамену.**

Время подготовки к экзамену является одним из важных этапов обучения. Поэтому для успешной сдачи экзамена полезны следующие рекомендации.

4.1. В процессе подготовки к экзамену предусмотреть возможность предварительного ознакомления с структурой и примерным содержанием билетов.

4.2. Учесть, что структура и содержание билетов по изучаемому курсу предусматривают примерно 40 – 50 минут на подготовку ответов, 15 – 20 минут для ответа.

4.3. При ответе на вопросы билетов, преподаватель может задать дополнительные вопросы по темам изученной дисциплины. При этом можно воспользоваться конспектами или справочной литературой.

4.4. Экзаменационные билеты включают только теоретические вопросы, но в процессе ответа могут быть предложены экспресс - задачи или другие контролирующие материалы (тестовые задания).

4.5. В период подготовки к экзамену можно воспользоваться индивидуальными консультациями у преподавателей кафедры.

4.6. Экзамен продолжение учебного процесса и итоговая оценка означает общий результат ее изучения.

## 5. Примеры расчетно-графических работ

### 5.1. РГР1. Аналитическая динамика

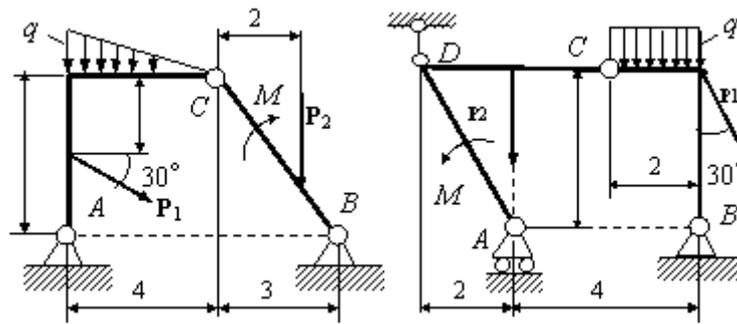
Применяя принцип возможных перемещений, определить реакции связей составных конструкций. Схемы конструкций показаны на рис. 77, а необходимые для решения данные приведены в табл. 1. На рисунках все размеры указаны в метрах.

Таблица 1

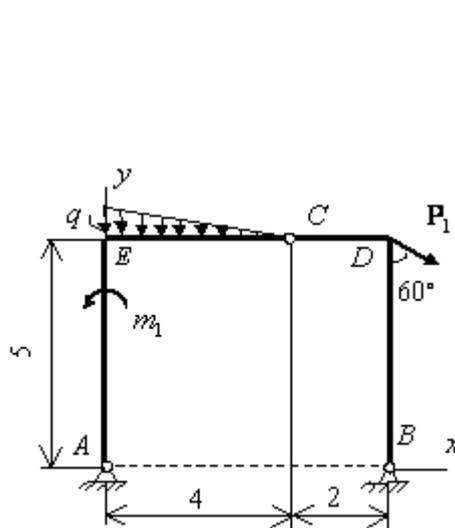
Вариант	Нагрузка				Вариант	Нагрузка			
	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$q$ , кН/м	$m$ , кНм		$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$q$ , кН/м	$m$ , кНм
1	15	14	3	10	16	3	10	2	10
2	13	12	2	6	17	1	8	1	8

Вариант 1

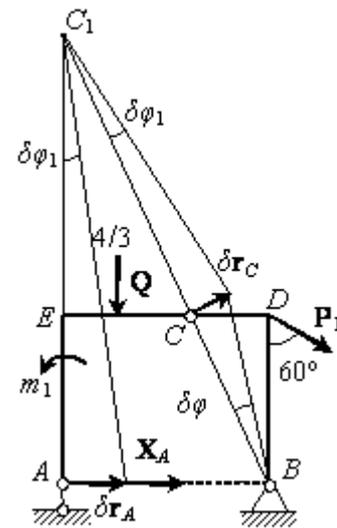
Вариант 2



**Пример 1.** Дана двухсоставная рама, части которой соединены шарниром в точке  $C$  (рис. 1), закрепленная в точках  $A$  и  $B$  с помощью неподвижных шарнирных опор. В точке  $D$  на раму  $CDB$  действует сила  $P_1=10$  кН, на раму  $AEC$  действуют на участке  $EC$  распределенная по линейному закону нагрузка с максимальной интенсивностью  $q = 4$  кН/м и пара сил с моментом  $m_1 = 5$  кНм (см. рис. 1). Определить горизонтальную составляющую реакции шарнирной опоры  $A$ . Трение в шарнирах отсутствует. Размеры элементов рам на рис. 1 даны в метрах.



**Рис.1**



**Рис.2**

**Решение.** Легко проверить, что в данной задаче все условия применения принципа возможных перемещений выполнены (система находится в равновесии, связи являются стационарными, голономными, удерживающими и идеальными).

↔ Освободимся от связи, соответствующей реакции  $X_A$  (рис. 2). Для этого в точке  $A$  неподвижный шарнир следует заменить, например,

стержневой опорой, при этом система получает одну степень свободы. Как уже отмечалось, возможное перемещение системы определяется связями, наложенными на нее, и не зависит от приложенных сил. Поэтому определение возможных перемещений является кинематической задачей. Поскольку в данном примере рама может двигаться лишь в плоскости рисунка, то и возможные ее движения являются плоскими. При плоском же движении перемещение тела можно рассматривать как поворот вокруг мгновенного центра скоростей. Если же мгновенный центр скоростей лежит в бесконечности, то это соответствует случаю мгновенно поступательного движения, когда перемещения всех точек тела одинаковы.

Для нахождения мгновенного центра скоростей необходимо знать направления скоростей двух каких-либо точек тела. Поэтому определение возможных перемещений составной конструкции следует начинать с нахождения возможных перемещений того элемента, у которого такие скорости известны. В данном случае следует начать с рамы  $CDB$ , поскольку ее точка  $B$  неподвижна и, следовательно, возможным перемещением этой рамы является ее поворот на угол  $\delta\varphi$  вокруг оси, проходящей через шарнир  $B$ . Теперь, зная возможное перемещение  $\delta\mathbf{r}_C$  точки  $C$  (она одновременно принадлежит обеим рамам системы) и возможное перемещение  $\delta\mathbf{r}_A$  точки  $A$  (возможным перемещением точки  $A$  является ее перемещение вдоль оси  $x$ ), находим мгновенный центр скоростей  $C_1$  рамы  $AEC$ . Таким образом, возможным перемещением рамы  $AEC$  является ее поворот вокруг точки  $C_1$  на угол  $\delta\varphi_1$ . Связь между углами  $\delta\varphi$  и  $\delta\varphi_1$  определяется через перемещение точки  $C$  (см. рис. 2)

$$|\delta\mathbf{r}_C| = BC\delta\varphi = CC_1\delta\varphi_1.$$

Из подобия треугольников  $EC_1C$  и  $BCD$  имеем

$$\frac{BC}{CC_1} = \frac{DC}{EC} = \frac{1}{2}, \quad \frac{EC_1}{BD} = \frac{EC}{CD} = 2, \quad EC_1 = 2BD = 10.$$

В результате получим зависимости:

$$\delta\varphi = BC / CC_1 = \delta\varphi / 2, \quad |\delta r_C| = BC \delta\varphi = \sqrt{29} \delta\varphi,$$

$$|\delta r_A| = AC_1 \delta\varphi = 7,5 \delta\varphi.$$

Согласно принципу возможных перемещений

$$\sum \delta A_k^e = \delta A(\mathbf{P}_1) + \delta A(\mathbf{Q}) + \delta A(m_1) + \delta A(\mathbf{X}_A) = 0.$$

Последовательно вычислим входящие сюда возможные работы:

$$\delta A(\mathbf{P}_1) = m_B(\mathbf{P}_1) \delta\varphi = P_1 \sin 60^\circ BB_1 \delta\varphi = 5\left(\sqrt{3}/2\right) P_1 \delta\varphi.$$

$Q = 2q$  – равнодействующая распределенной нагрузки, точка приложения которой показана на рис. 79; совершаемая ею возможная работа равна:

$$\delta A(\mathbf{Q}) = m_C(\mathbf{Q}) \delta\varphi = -(4/3)Q \delta\varphi = -(4/3)q \delta\varphi.$$

Далее  $\delta A(m_1) = m_1 \delta\varphi = (1/2)m_1 \delta\varphi$  и

$$\delta A(\mathbf{X}_A) = m_C(\mathbf{X}_A) \delta\varphi = X_A AC_1 \delta\varphi = (15/2)X_A \delta\varphi.$$

Следовательно,

$$\left(5P_1\sqrt{3}/2 - (4/3)q + m_1/2 + (15/2)X_A\right) \delta\varphi = 0 \quad (\delta\varphi \neq 0).$$

Отсюда

$$X_A = \left(-15P_1\sqrt{3} + 8q - 3m_1\right) / 45.$$

## 5.2. РГР 2. Теория колебаний

Применяя уравнения Лагранжа второго рода составить дифференциальные уравнения движения и найти их решения.

1. Определить частоту и период малых свободных колебаний механической системы с одной степенью свободы, пренебрегая силами сопротивления и массами нитей.

2. Найти уравнение движения груза 1  $y = y(t)$ , приняв за начало отсчета положение покоя груза 1 (при статической деформации пружин).

3. Найти амплитуду колебаний груза 1.

Схемы систем показаны на рис. 1, , а необходимые данные приведены в таблице.1

В задании приняты следующие обозначения: 1 – груз массой  $m_1$ ; 2- блок массой  $m_2$  и радиусом  $r_2$  (сплошной однородный диск);

4- сплошной однородный диск массой  $m_4$

и радиусом  $r_4$ ; 6- тонкий однородный стержень массой  $m_6$

и длиной  $l$ ; 7 – стержень, масса которого не учитывается;  $c$  – коэффициент жесткости пружины;  $y_0$  – начальное отклонение груза 1 по вертикали от положения покоя, соответствующего статической деформации пружины; проекция начальной скорости  $v_0$  груза 1 на вертикальную ось.

На рис. 1 системы тел 1-7 показаны в положении покоя (при статической деформации пружин).

В вариантах 2, стержень 7 шарнирно соединен с диском 4.

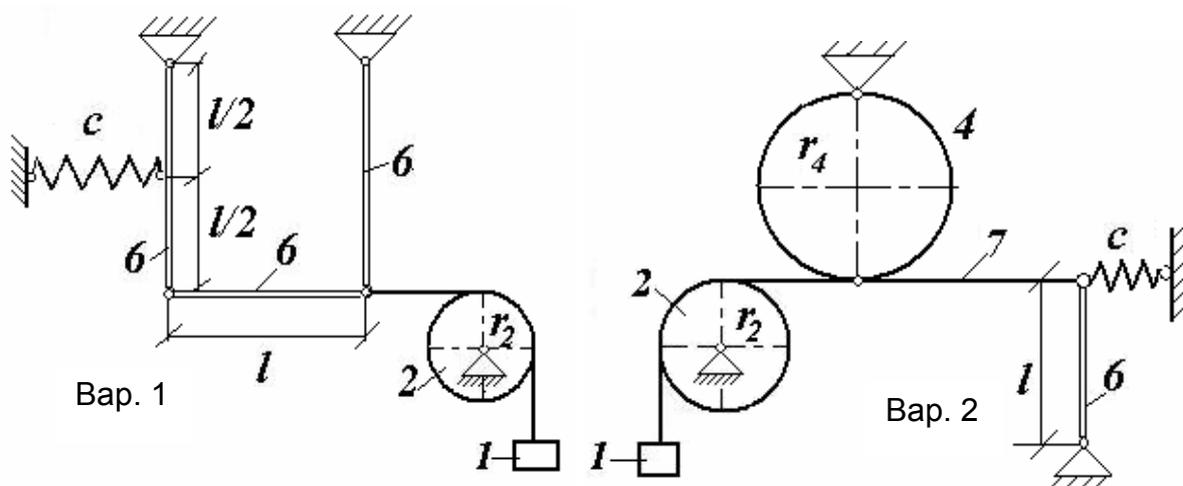


Рис. 1

Таблица 1

Номер варианта	1	$i_{x2}$	$i_x$	$i_4$	$m_1$	$m_2$	$m_3, m_4, m_5$	$m_6$	$c, \text{ Н/см}$	Начальные условия ( $t=0$ )	
	м				кг					$y_0, \text{ см}$	$v_0, \text{ см/с}$
1	0.5	-	-	-	1	2	-	3	40	0.1	0.5
2	0.5	-	-	0,2	1	2	-	3	40	0	6.0

