

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 02.10.2023 14:12:39  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана транспортного факультета

/М.Н. Лукьянов/

“ 08 ” ..... 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы решения задач динамики»**

Направление подготовки

**23.04.02. Наземные транспортно-технологические комплексы  
профиль «Компьютерное моделирование и прочностной анализ  
транспортно-технологических комплексов»**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2022 г.

## **1 Цели и задачи дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Основы решения задач динамики» является:

– формирование знаний о современных численных алгоритмах динамического анализа конструкций машин, методах моделирования сложных систем для анализа динамических свойств объекта (для определения частот и форм собственных колебаний, моделирования процессов при ударном нагружении, исследования установившихся вынужденных колебаний и др. задач динамики), освоение предназначенного для этого универсального программного обеспечения метода конечных элементов;

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы (Компьютерное моделирование и прочностной анализ транспортно-технологических комплексов)».

### **1.2 Задачи дисциплины**

Задачами дисциплины «Основы решения задач динамики» являются:

- ознакомление студентов с широко применяемыми методами и подходами к динамическому анализу конструкций машин, ознакомление с современным программным обеспечением, реализующим данные методы для расчета собственных колебаний, установившихся вынужденных колебаний, переходных динамических процессов при ударном нагружении конструкций наземных транспортных машин.

– изучение эффективных и высокопроизводительных численных алгоритмов, используемых в современных вычислительных комплексах для анализа динамики машин.

- знакомство с основами расчетного моделирования конструкций мобильных машин с использованием одной из универсальных программ метода конечных элементов и одной из универсальных программ трехмерного автоматизированного проектирования.

## **2 Место дисциплины в структуре основных образовательных программ**

Дисциплина «Основы решения задач динамики» относится к элективным дисциплинам основных образовательных программ (ООП) по направлению подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические

комплексы профиль «Компьютерное моделирование и прочностной анализ транспортно-технологических комплексов».

Дисциплины, с которыми связан курс «Основы решения задач динамики» являются:

- метод конечных элементов
- основы решения нелинейных задач прочности;
- компьютерное моделирование и прочностной анализ;
- проблемы динамики и прочности транспортно-технологических комплексов;
- вычислительная механика и компьютерный инжиниринг;

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими общепрофессиональными (ОПК) и профессиональными (ПК) компетенциями:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
ПК-1	Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов	ИПК-1.1 Систематизирует инженерные данные с учетом технических требований ИПК-1.2 Определяет методики расчетов систем АТС и их компонентов ИПК-1.3 Анализирует влияние ключевых факторов на выходные характеристики АТС и их компонентов ИПК-1.4 Анализирует прочностные свойства материалов и прочностные свойства компонентов АТС, связанных особенностями конструкций ИПК-1.5 Анализирует лучшие практики разработки АТС и их компонентов

### **4 Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, т.е. 72 академических часов (из них 42 часа – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на первом курсе в **первом** семестре. Проводятся семинары – 2 часа в неделю (30 часов), форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Основы решения задач динамики» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

## **Содержание разделов дисциплины.**

### **Тема 1. Введение.**

Обзор задач динамики машин, для решения которых привлекаются современные высокопроизводительные вычислительные компьютерные системы и современное программное обеспечение. Возможности современного программного обеспечения для анализа динамических характеристик конструкций мобильных машин. Демонстрация результатов расчетных исследований реальных конструкций.

Обзор эффективных и производительных численных алгоритмов, реализуемых в программных комплексах для решения задач динамики машин.

Основные сведения из теории колебаний. Обзор динамических задач, эффективно решаемых методом конечных элементов. Элементы матричной алгебры (стандартная и обобщенная задачи на собственные значения).

### **Тема 2. Механические колебания конструкций. Степени свободы конструкций.**

Основные определения (терминология, классификация) в теории колебаний упругих конструкций. Собственные частоты и формы колебаний. Степени свободы конструкции, массы и моменты инерций, обобщенные координаты. Метод конечных элементов в исследовании колебаний конструкций. Задача определения частот и форм собственных колебаний конструкции как задача на собственные значения. Классификация задач на собственные значения, исходя из размерности системы.

### **Тема 3. Уравнение движения упругой механической системы. Принцип Даламбера.**

Общее уравнение движения конструкций. Дифференциальные соотношения и уравнения равновесия для сил. Принцип Даламбера и форма учёта инерционности конструкций и сил вязкого сопротивления. Обобщенная проблемы на собственные значения. Получение основных соотношений для уравнений движения упругой конструкции на примере балочной модели с сосредоточенной массой.

### **Тема 4 Уравнения свободных колебаний системы без трения и с трением.**

Дифференциальное уравнение колебаний осциллятора с одной степенью свободы. Уравнение свободных колебаний с учётом демпфирования. Понятие демпфирования системы. Амплитуда и частота гармонических колебаний. Колебательное движение осциллятора с учётом демпфирования (логарифмический декремент колебаний).

### **Тема 5. Модальный анализ упругих конструкций**

Методы решения обобщенной проблемы на собственные значения большой размерности с разреженными симметричными матрицами. Модальный анализ собственных частот и форм колебаний. Алгоритм Ланцоша для определения частот и форм собственных колебаний конструкции, моделируемой методом конечных элементов. Уравнение движения конструкции в форме метода конечных элементов. Понятие векторов форм собственных колебаний. Задачи на собственные значения в матричной форме и системы линейных алгебраических уравнений. Методы разложения (представления) движения по собственным тонам колебаний.

### **Тема 6. Ортогональность собственных форм колебаний. Нормирование форм собственных колебаний**

Особенность векторов форм собственных колебаний и условие выполнения ортогональности форм колебаний. Понятие вектора амплитуд инерционных сил. Матрицы инерций, жесткости и демпфирования при условии выполнения ортогональности собственных векторов. Способ нормирования форм собственных колебаний. Расчёт коэффициентов форм собственных колебаний.

### **Тема 7. Модальный анализ предварительно напряженной конструкции**

Модальный анализ упругой конструкции в условиях деформированного состояния при малых перемещениях. Влияние постоянных воздействий на собственные частоты колебаний как следствие изменения матрицы жесткости конструкции. Понятие матрицы касательной жёсткости конструкции и геометрической матрицы жёсткости (тензор предварительных напряжений). Технология проведения модального анализа с учётом предварительного нагружения конструкции по методу конечных элементов. Переход от статического анализа к модальному анализу собственных частот и форм колебаний с учётом преднагружения.

### **Тема 8. Собственные крутильные колебания в упругих конструкциях**

Условия возникновения свободных крутильных колебаний на примере вращающихся валов с сосредоточенными моментами инерций. Особенности крутильных колебаний упругих систем. Дифференциальное уравнение крутильных колебаний для вычисления динамических характеристик.

Моменты инерций и полярный момент инерции сечения вала. Коэффициенты форм колебаний. Собственные частоты крутильных колебаний.

## **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Основы решения задач динамики» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению практических занятий в компьютерных лабораториях вуза;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;
- проведение мастер-классов экспертов и специалистов в области численных методов и нелинейной механики.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к выполнению расчетных модельных задач на практических занятиях и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-1	Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### **6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>ПК-1 Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов</b>				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>знать:</b> теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся демонстрирует неполные теоретические знания в области теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность	Обучающийся демонстрирует частичные теоретические знания в области теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полные теоретические знания в области теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин., свободно

		знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		оперирует приобретенными знаниями.
<b>уметь:</b> составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов машин для динамического анализа; выполнять на ЭВМ расчеты собственных колебаний, установившихся вынужденных колебаний, переходных динамических процессов элементов в конструкции машин.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов машин для динамического анализа; выполнять на ЭВМ расчеты собственных колебаний, установившихся вынужденных колебаний, переходных динамических процессов элементов в конструкции машин.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений:  составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов машин для динамического анализа; выполнять на ЭВМ расчеты собственных колебаний, установившихся вынужденных колебаний, переходных динамических процессов элементов в конструкции машин.  Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений:  составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов машин для динамического анализа; выполнять на ЭВМ расчеты собственных колебаний, установившихся вынужденных колебаний, переходных динамических процессов элементов в конструкции машин.  Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений:  составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов машин для динамического анализа; выполнять на ЭВМ расчеты собственных колебаний, установившихся вынужденных колебаний, переходных динамических процессов элементов в конструкции машин.  Свободно оперирует приобретенными

		испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.		умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> программными средствами специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций машин, ориентированными на использование современных вычислительных средств.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет программными средствами специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций машин, ориентированными на использование современных вычислительных средств.	Обучающийся не в полной мере владеет программными средствами специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций машин, ориентированными на использование современных вычислительных средств.  Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет программными средствами специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций машин, ориентированными на использование современных вычислительных средств. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет программными средствами специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций машин, ориентированными на использование современных вычислительных средств. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

**ПК-1 Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов**

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5

<p><b>знать:</b> вычислительные алгоритмы, применяемые в современном программном обеспечении для решения прикладных задач динамического анализа машин.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач динамического анализа машин.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполные знания в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач динамического анализа машин. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичные знания в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач динамического анализа машин, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полные знания в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач динамического анализа машин, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; использовать современное программное</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; использовать современное программное обеспечение</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений:  представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений:  представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений:  представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов,</p>

<p>обеспечение динамического анализа деталей и узлов машин.</p>	<p>динамического анализа деталей и узлов машин.</p>	<p>использовать современное программное обеспечение динамического анализа деталей и узлов машин.</p> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>использовать современное программное обеспечение динамического анализа деталей и узлов машин.</p> <p>Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; использовать современное программное обеспечение динамического анализа деталей и узлов машин.</p> <p>Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов, для динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов, для динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся не в полной мере владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов, для динамического анализа конструкций машин.</p> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов, для динамического анализа конструкций машин.</p> <p>Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов, для динамического анализа конструкций машин.</p> <p>Свободно</p>

		<p>владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>ситуации.</p>	<p>применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
--	--	---	------------------	--

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено»,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Основы решения задач динамики»: прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, выполнили курсовой проект.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	<p>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом</p> <p>Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации</p> <p>или</p>

	<p>обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков по предмету. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации</p> <p>или</p> <p>обучающийся демонстрирует значительные ошибки, проявляет недостаточность знаний, умений и владения навыками по нескольким темам предмета. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении умений и навыков в новых ситуациях.</p>
Не зачтено	<p>Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом.</p> <p>Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</p>

**Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.**

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **а) основная литература**

1. Вульфсон, И. И. Динамика машин. Колебания : учебное пособие для вузов / И. И. Вульфсон. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 275 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04587-1.

URL: <https://urait.ru/bcode/491984>

### **б) дополнительная литература**

2. Некоркин В.И. Лекции по основам теории колебаний [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского Национальный исследовательский университет 2012. — 106 с.

Режим доступа: <https://fedorsarafanov.github.io/materials/nekorkin.pdf>

### **в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

Программное обеспечение:

- универсальная программа метода конечных элементов, применяемая на предприятиях машиностроения;

- универсальная программа 3-D проектирования, применяемая на предприятиях машиностроения;
  - офисное программное обеспечение.
- Интернет-ресурсы не предусмотрены.

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Компьютерный класс : столы, стулья, маркерная доска, компьютеры, подвесной проектор, настенный проекционный экран. Рабочее место преподавателя: стол, стул .

Аудитория для лекционных и практических занятий общего фонда , столы учебные со скамьями, аудиторная доска. Рабочее место преподавателя: стол, стул.

### **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.**

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
5. Использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины. Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по

возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы.

Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов

## **9.1 Методические указания по выполнению и оформлению выполненных практических заданий по дисциплине «Основы решения задач динамики»**

### **9.1.1 Требования к оформлению выполненных практических заданий**

- Выполненное практическое задание должно быть оформлено на листах формата А4 со следующими полями:
  - Левое - 25 мм.
  - Верхнее - 15 мм.
  - Правое - 15 мм.
  - Нижнее - 15 мм.
- Выполненное практическое задание должно иметь титульный лист. Пример оформления титульного листа показан в приложении.
- Выполненное практическое задание должно содержать следующие разделы:
  - Содержание.
  - Введение.
  - Основная часть.
  - Заключение.
  - Список использованной литературы.
  - Приложения (не являются обязательной частью отчета).
- Страницы отчета должны быть пронумерованы. Нумерация начинается со второй страницы. На титульном листе номер страницы не проставляется.
- В основной части находятся все пронумерованные главы, параграфы и подпараграфы.

Нумерация параграфов и подпараграфов производится следующим

образом:

- Первая цифра обозначает номер главы.
- Вторая цифра - порядковый номер параграфа.
- Третья цифра - порядковый номер подпараграфа.

*Например*, параграф 2 и подпараграф 5 параграфа 2 главы 3:

- **III Описание расчетной схемы**
- **3.2 Граничные условия**
- **3.2.5 Граничные условия по перемещениям**

Нумерация рисунков производится следующим образом:

- Первая цифра обозначает номер главы.
- Вторая цифра - порядковый номер рисунка в главе.

*Например*, рисунок в главе 3, имеющий порядковый номер 11:

- Рис. 3.11. Диалоговое окно ввода исходных данных
- Точка в конце названия главы, параграфа, подпараграфа и рисунка не ставится. Название главы пишется заглавными полужирными буквами.

Названия параграфов и подпараграфов пишутся строчными

полужирными буквами, за исключением первой буквы, заглавной.

Подпараграфы могут быть выделены курсивом.

- Нумерация использованной литературы производится либо в алфавитном порядке, либо по мере ссылок на нее в тексте курсовой работы.

Примеры оформления литературы.

#### **Книги:**

- Бидерман В.Л. – Теория механических колебаний. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
- Bathe K.J. – Finite Element Procedures. Prentice Hall, 1996. - 1037 p.

#### **Журналы:**

- Борисов Ю.С., Благовещенский Ю.Н., Дмитриченко С.С., Панкратов Н.М. Анализ применимости уравнений и исследование

формы кривой усталости // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, №10, 2000. С. 41-52.

- Bator J.L., Bathe K.J., Ho L.W. A study of three-node triangular plate bending elements // Int. J. Numer. Meth. Engng, v.15, 1980. P. 1771 – 1812.

### 9.1.2 Требования к содержанию разделов выполненных практических заданий

1. В **содержании** должны быть представлены названия всех глав, параграфов и подпараграфов с указанием номеров начальных страниц.
2. Во **введении** обосновывается актуальность и ставится цель работы, перечисляются решаемые задачи и дается краткое содержание всех глав. Для курсового проекта, содержащего конкретные задачи, дается постановка задач.

Теоретическая работа может носить описательный или

методический характер.

3. В **основной части** подробно описывается последовательность решения задачи.

*Примерный* план основной части

- Постановка задачи. Сведения об объекте исследования и области машиностроения.
- Теоретические основы решения задачи, используемые алгоритмы.
- Описание программного обеспечения
- Исходные данные, описание расчетной схемы.
- Характеристики модели МКЭ. Количество элементов, узлов, степеней свободы.
- Описание типов конечных элементов.
- Информация об условиях закрепления и нагружения.
- Последовательность формирования модели средствами программы МКЭ, особенности подготовки модели.
- Информация о процессе решения задачи.
- Сведения о компьютере, характеристиках программы МКЭ (название, версия, возможности), необходимых вычислительных ресурсах, времени решения.
- Анализ результатов расчетов.

4. В **заключении** дается краткая оценка и основные выводы выполненной работы.
5. В **приложение** выносятся информационный материал, не требующий детального рассмотрения в основной части (например, таблицы, графики, рисунки, листинги программ и т.п.)

### **9.1.3 Требования к выполнению практических заданий**

1. Практическое задание должно быть оформлено согласно требованиям указанным выше.
2. Содержание практического задания должно соответствовать перечисленным выше требованиям.
3. Практическое задание должно быть сдано за две недели до окончания семестра.

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать,

только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме письменного экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель

принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за  
правильность выставления оценки.



1.5	<i>Тема 5. Модальный анализ упругих конструкций</i>	5	11-13		6		8							
1.6	<i>Тема 6. Ортогональность собственных форм колебаний. Нормирование форм собственных колебаний</i>	6	14		2		6							
1.7	<i>Тема 7. Модальный анализ предварительно напряженной конструкции</i>	7	15		2		4							
1.8	<i>Тема 8. Собственные крутильные колебания в упругих конструкциях</i>													
	<i>Форма аттестации</i>								+					3
	Всего часов по дисциплине в первом семестре				30		42							
	<b>Всего часов по дисциплине во всех семестрах</b>				30		42							

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

*Направление подготовки: 23.04.02 Наземные транспортно-технологические  
комплексы*

*ОП (профиль): «Компьютерное моделирование и прочностной анализ транспортно-  
технологических комплексов»*

*Форма обучения: очная*

*Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Основы решения задач динамики»**

Направление подготовки

**23.04.02. Наземные транспортно-технологические комплексы (Компьютерное  
моделирование и прочностной анализ транспортно-технологических  
комплексов)**

**Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств**

**2. Описание оценочных средств:**

Зачетные задания.

Перечень вопросов для контроля знаний

*Москва, 2022 год*

Таблица 1

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Основы решения задач динамики					
ФГОС ВО 3					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие <b>общепрофессиональные и профессиональные компетенции:</b>					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-1	Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов	<p>ИПК-1.1 Систематизирует инженерные данные с учетом технических требований</p> <p>ИПК-1.2 Определяет методики расчетов систем АТС и их компонентов</p> <p>ИПК-1.3 Анализирует влияние ключевых факторов на выходные характеристики АТС и их компонентов</p> <p>ИПК-1.4 Анализирует прочностные свойства материалов и прочностные свойства компонентов АТС, связанных особенностями конструкций</p> <p>ИПК-1.5 Анализирует лучшие практики разработки АТС и их компонентов</p>	самостоятельная работа, практические занятия	УО, ДИ, К, К/Р, Т, Р, Т	<p><b>Базовый уровень</b> - способен работать с компьютером (в том числе в режиме удаленного доступа) и с программными средствами общего и специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций .</p> <p><b>Повышенный уровень</b> - способен самостоятельно работать с компьютером (в том числе в режиме удаленного доступа) и с программными средствами общего и специального назначения для решения задач динамического анализа конструкций; - способен самостоятельно составлять расчетные модели основных конструктивных элементов машин для динамического анализа и выполнять на ЭВМ расчеты колебательных и ударных процессов в конструкции.</p>

ПК-1	Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов	<p>ИПК-1.1 Систематизирует инженерные данные с учетом технических требований</p> <p>ИПК-1.2 Определяет методики расчетов систем АТС и их компонентов</p> <p>ИПК-1.3 Анализирует влияние ключевых факторов на выходные характеристики АТС и их компонентов</p> <p>ИПК-1.4 Анализирует прочностные свойства материалов и прочностные свойства компонентов АТС, связанных особенностями конструкций</p> <p>ИПК-1.5 Анализирует лучшие практики разработки АТС и их компонентов</p>	Самостоятельная работа, практические занятия	УО, ДИ, К, К/Р, Т, Р, Т	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>- способен представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей.</p> <p>Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля.</p> <p><b>Повышенный уровень:</b></p> <p>- способен самостоятельно представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей;</p> <p>- способен самостоятельно использовать современное программное обеспечение для динамического анализа деталей и узлов машин.</p> <p>практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом</p>
------	---	---	--	-------------------------	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Основы решения задач динамики»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 1.**

1. Диссипативные колебательные системы.
2. Получение уравнения вынужденных крутильных колебаний вала с диском.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 2.**

1. Консервативные колебательные системы.
2. Способ задания сил в гармоническом анализе (амплитуда и фаза).
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 3.**

1. Степени свободы рассчитываемой конструкции.
2. Демпфирование по Релею.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 4.**

1. Расчётная модель конструкции с распределёнными массами.
2. Колебательные величины и их соотношения.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 5.**

1. Деформации и перемещения.
2. Напряжения на наклонных площадках при сдвиге.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 6.**

1. Расчётная модель конструкции с сосредоточенными массами.
2. Виды учёта демпфирования.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 7.**

1. Уравнение движения упругой конструкции в МКЭ.
2. Собственные колебания конструкции с учётом демпфирования.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 8.**

1. Получение уравнения движения по принципу Даламбера.
2. Составное модальное демпфирование.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 9.**

1. Получение уравнения свободных колебаний системы без трения
2. Уравнение движения конструкции при вынужденных колебаниях.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 10.**

1. Получение уравнения свободных колебаний системы с трением.
2. Модальный анализ конструкций с предварительным нагружением при малых деформациях.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 11.**

1. Получение уравнения собственных крутильных колебаний вала с диском.
2. Модальный анализ упругих конструкций.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 12.**

1. Ортогональность собственных форм колебаний относительно матрицы жёсткости.
2. Решение задачи гармонического анализа.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 13.**

1. Ортогональность собственных форм колебаний относительно матрицы масс.
2. Уравнение движения конструкции при собственных колебаниях.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 14.**

1. Определение собственных частот и форм колебаний конструкции в МКЭ.
2. Демпфирование по Релею.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 15.**

1. Ортогональность собственных форм колебаний относительно матрицы масс.
2. Демпфирование по Релею.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 16.**

1. Модальный анализ упругих конструкций.
2. Консервативные колебательные системы.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 17.**

1. Получение уравнения вынужденных крутильных колебаний вала с диском.
2. Уравнение движения конструкции при вынужденных колебаниях.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 18.**

1. Диссипативные колебательные системы.
2. Получение уравнения вынужденных крутильных колебаний вала с диском.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 19.**

1. Получение уравнения движения по принципу Даламбера.
2. Решение задачи гармонического анализа.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 20.**

1. Уравнение движения конструкции при вынужденных колебаниях.
2. Ортогональность собственных форм колебаний относительно матрицы жёсткости.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 21.**

1. Расчётная модель конструкции с сосредоточенными массами.
2. Ортогональность собственных форм колебаний относительно матрицы жёсткости.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 22.**

1. Способ задания сил в гармоническом анализе (амплитуда и фаза).
2. Модальный анализ конструкций с предварительным нагружением при малых деформациях.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 23.**

1. Расчётная модель конструкции с сосредоточенными массами.
2. Ортогональность собственных форм колебаний относительно матрицы жёсткости.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 24.**

1. Получение уравнения движения по принципу Даламбера.
2. Демпфирование по Релею.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 25.**

1. Степени свободы рассчитываемой конструкции.
2. Получение уравнения вынужденных крутильных колебаний вала с диском.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина Основы решения задач динамики  
Направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
Курс 1, семестр 1

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 26.**

1. Модальный анализ конструкций с предварительным нагружением при малых деформациях.
2. Колебательные величины и их соотношения.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А.Скворцов/

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и  
сопротивление материалов»

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

**по дисциплине:**

**«Основы решения задач динамики»**

1. Основные задачи динамики машин, эффективно решаемые с помощью метода конечных элементов.
2. Система дифференциальных уравнений динамического равновесия конечно-элементной системы в матричной форме. Матрицы жесткости, масс, демпфирования.
3. Матрица масс системы МКЭ. Свойства матрицы масс.
4. Структура и свойства матриц системы уравнений динамического равновесия МКЭ. Вывод соотношений для матриц жесткости, масс и демпфирования для конечных элементов.
5. Логарифмический декремент колебаний. Добротность системы.
6. Формулировка задачи определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ
7. Проблема на собственные значения в стандартной и обобщенной форме в задачах МКЭ.
8. Свойство ортогональности форм собственных колебаний
9. Приведение обобщенной проблемы на собственные значения к стандартной форме
10. Использование сдвигов для определения частот собственных колебаний в заданном диапазоне
11. QL алгоритм решения малой задачи на собственные значения.
12. Метод обратных итераций для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ. Преимущества и недостатки.
13. Метод одновременных итераций для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ.
14. Алгоритм Ланцоша для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ.
15. Использование разложения по тонам собственных колебаний при интегрировании по времени динамических уравнений МКЭ.
16. Использование разложения по тонам собственных колебаний при расчете установившихся вынужденных колебаний систем МКЭ.
17. Определение реакции системы на произвольное внешнее воздействие с помощью интеграла Дюамеля

18. Прямые методы интегрирования по времени уравнений динамического равновесия МКЭ. Метод центральных разностей. Его преимущества и недостатки.
19. Метод Ньюмарка – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамики.
20. Метод Хоуболта – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамики.
21. Расчет установившихся вынужденных колебаний в МКЭ прямым методом
22. Основные понятия о спектре удара. Область применения. Методы расчета спектра удара.
23. Нулевые тона колебаний. Физический смысл. Использование при решении квазистатической задачи.
24. Погрешности методов динамического расчета, основанных на разложении по тонам собственных колебаний.
25. Вынужденные колебания системы без затухания и при наличии вязкого демпфирования. Частотные характеристики системы.
26. Особенности решения квазистатической задачи. Учет инерционных сил.
27. Особенности динамического расчета конструкций при кинематическом возбуждении.
28. Погрешности, возникающие при расчетах динамики машин методом конечных элементов. Пути повышения точности выполняемого методом конечных элементов расчетного анализа динамики машин.