Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.11.2023 13:06:26
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/
«10» 08 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Программные комплексы инженерного анализа в механике

Специальность

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Профиль подготовки (образовательная программа)
«Компьютерный инжиниринг в автомобилестроении»

Квалификация (степень) выпускника
инженер

Форма обучения
Очная

Москва 2022

1 Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» является:

– формирование знаний о современном программном обеспечении инженерного исследования конструкций машин, численных алгоритмах, реализованных в программном обеспечении, методах моделирования сложных конструкций 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;

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» являются:

- ознакомление студентов с широко применяемыми современными программными комплексами, позволяющими выполнять динамический анализ сложных конструкций;

– изучение эффективных и высокопроизводительных численных алгоритмов, используемых в современных вычислительных комплексах для анализа динамики машин (для определения частот и форм собственных колебаний, моделирования процессов в конструкции при ударном нагружении, исследования установившихся вынужденных колебаний и др. задач динамики).

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

2 Место дисциплины в структуре основных образовательных программ

Дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа в механике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной образовательной программы (ООП) по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Предшествующими курсами, на которых базируется дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа в механике» являются:

- математика;
- физика;
- сопротивление материалов;
- строительная механика;
- прикладная теория колебаний;
- теория упругости;

- детали машин и основы конструирования;
- вычислительная механика.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

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

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ПК-1	Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов	**знать:** • возможности современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин • теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. **уметь:** • представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; • использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. **владеть:** • навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин.

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, т.е. 108 академических часов (из них 60 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на пятом курсе в **девятом** семестре.

В девятом семестре:

Проводятся лабораторные работы – 48 часов, самостоятельная работа студентов – 60 часа, форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» 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. Метод конечных элементов как основа для формулировки вычислительных процедур динамического анализа конструкций.

Использование вариационных принципов механики для вывода основных соотношений метода конечных элементов применительно к задачам динамики конструкций. Матрицы жесткости, масс, демпфирования конечно-элементной модели. Структура и свойства матриц системы уравнений МКЭ. Типы конечных элементов, используемые при решении задач динамики. Вывод соотношений для матриц жесткости, масс и демпфирования для конечных элементов.

Тема 3. Определение частот и форм собственных колебаний. Базовые численные методы

Задача определения частот и форм собственных колебаний конструкции как задача на собственные значения. Стандартная и обобщенная проблемы на собственные значения. Классификация задач на собственные значения, исходя из размерности системы.

Использование сдвигов матриц в проблеме на собственные значения. Анализ спектра собственных колебаний с помощью LDL^T разложения.

Методы линейной алгебры для решения малой задачи на собственные значения. Сведение обобщенной проблемы на собственные значения к стандартной форме. Метод вращений Якоби, трехдиагонализация Гивенса, QL алгоритм.

Тема 4. Методы решения задачи на собственные значения большой размерности

Методы решения обобщенной проблемы на собственные значения большой размерности с разреженными симметричными матрицами. Метод обратных итераций. Метод итераций подпространства для определения частот и форм собственных колебаний конструкции, моделируемой методом конечных элементов. Алгоритм Ланцоша для определения частот и форм собственных колебаний конструкции, моделируемой методом конечных элементов. Квазистатическая задача расчета свободных и кинематически изменяемых систем. Нулевые тона колебаний.

Тема 5. Исследование неустановившихся динамических процессов

Исследование нестационарных динамических процессов с помощью интегрирования по времени уравнений равновесия конечно-элементной системы. Методы прямого интегрирования. Метод Ньюмарка (Newmark) прямого интегрирования динамических уравнений.

Метод Хоуболта (Houbolt) для прямого интегрирования по времени динамических уравнений равновесия. Обзор других методов прямого интегрирования. Их сходимость и устойчивость, сравнительные характеристики.

Интегрирование по времени динамических уравнений равновесия с использованием разложения по собственным формам колебаний. Интеграл Дюамеля. Погрешности методов разложения и способы повышения их сходимости. Сравнение с прямыми методами. Анализ спектров удара.

Тема 6. Расчет установившихся вынужденных колебаний

Алгоритмы расчета установившихся вынужденных колебаний. Силовое и кинематическое возбуждение. Получение амплитудно-частотных, фазо-частотных характеристик конструкции. Прямые методы расчета и методы расчета с разложением по собственным тонам колебаний. Повышение сходимости разложения.

Тема 7. Пути повышения точности расчетного динамического анализа

Преимущества и недостатки различных расчетных подходов при выполнении динамических исследований конструкций машин. Погрешности, возникающие при расчетах динамики машин методом конечных элементов. Пути повышения точности выполняемого методом конечных элементов расчетного анализа динамики машин.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» 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 лабораторных работ в лабораториях вуза;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов курсового проекта;

– 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 прикладной 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 лабораторных работ 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, защита курсового проекта.

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:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
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).

ПК-1 Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: возможности современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин; теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных	Обучающийся демонстрирует неполные знания в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. Допускаются	Обучающийся демонстрирует частичные знания в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин, но	Обучающийся демонстрирует полные знания в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин, свободно

	алгоритмов динамического анализа конструкций машин.	значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	оперирует приобретенными знаниями.
уметь: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. Свободно оперирует

		Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся не в полной мере владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта 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».

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. 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.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. 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.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов : учебное пособие для вузов / Е. Г. Макаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 413 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01761-8.
URL: https://urait.ru/bcode/453500

2. Кривошапко, С. Н. Строительная механика : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошапко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 391 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01124-1.
URL: https://urait.ru/bcode/449733

б) дополнительная литература:

1. Солдаткин, А. В. Введение в метод конечных элементов : учебное пособие / А. В. Солдаткин, Е. С. Баранова. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 123 с. — ISBN 978-5-907324-05-3.
URL: https://e.lanbook.com/book/172238

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.

Материально-техническое обеспечение дисциплины.

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

•Компьютерный класс : столы, стулья, маркерная доска, компьютеры с прикладным тематическим программным обеспечением, подвесной проектор с интерактивной доской. Рабочее место преподавателя: стол, стул, компьютер.

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.

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;
- познакомится 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.

Структура и содержание дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»» (специалист)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Седьмой семестр														
1	**Тема 1. Введение Лабораторные работы «Знакомство с универсальным программным обеспечением для динамического анализа»**	**9**	1-2			**4**	**4**								
2	**Тема 2. Метод конечных элементов как основа для формулировки вычислительных процедур динамического анализа конструкций.**	**9**	**3-4**			**8**	**8**								
3	**Тема 3. Определение частот и форм собственных колебаний. Базовые численные методы.**	**9**	5-8			**8**	**12**								
4	**Тема 4. Методы решения задачи на собственные значения большой размерности**	**9**	**9-12**			**8**	**12**								
5	**Тема 5. Исследование неустановившихся динамических процессов.**	**9**	13-14			**10**	**12**								

6	**Тема 6. Расчет установившихся вынужденных колебаний. Пути повышения точности расчетного динамического анализа**	**9**	**15-16**			**10**	**12**								
	Форма аттестации														**З**
	Всего часов по дисциплине в девятом семестре					48	60								

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра: **Динамика, прочность машин и сопротивление материалов**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

««Программные комплексы инженерного анализа в механике»

Специальность
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

профиль
«Компьютерный инжиниринг в автомобилестроении»

Квалификация (степень) выпускника
Инженер

Форма обучения
Очная

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Москва, 2022год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Программные комплексы инженерного анализа в механике					
ФГОС ВО					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные и профессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				

ПК-1	Способен организовывать разработку конструкций АТС и их компонентов	**знать:** • возможности современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин • теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. **уметь:** • представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; • использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. **владеть:** • навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин.	Самостоя-тельная работа, лекции, практичес-кие занятия, лабораторны е работы	УО	**Базовый уровень:** - способен использовать современное программное обеспечение для расчета конструкций машин в целом и отдельных конструктивных элементов машин (рам, кузовов, деталей двигателей). Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля. **Повышенный уровень:** - способен самостоятельно использовать современное программное обеспечение для расчета конструкций машин в целом и отдельных конструктивных элементов машин (рам, кузовов, деталей двигателей); - способен самостоятельно выполнять анализ напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов машин. практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом

Приложение 3
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине
«Программные комплексы инженерного анализа в механике»

№ 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

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ
Кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - **Программные комплексы инженерного анализа в механике**

Специальность 23.05.01
Наземные транспортно-технологические средства

Вопросы для контроля знаний по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа в механике»

1. Уравнение динамического равновесия системы с одной степенью свободы без затухания и при наличии вязкого демпфирования.
2. Собственные колебания системы с одной степенью свободы без затухания.
3. Собственные колебания системы с одной степенью свободы при наличии вязкого демпфирования.
4. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без затухания и при наличии вязкого демпфирования. Частотные характеристики системы.
5. Матричное уравнение динамического равновесия конечно-элементной системы. Основные матрицы. (На примере стержневого элемента)
6. Логарифмический декремент колебаний. Добротность системы.
7. Уравнение динамического равновесия для модели МКЭ на основе треугольных элементов плоского напряженного состояния
8. Матрица масс системы МКЭ. Согласованная и несогласованная матрицы масс в МКЭ.
9. Приблизительный учет затухания в системе МКЭ методом пропорционального демпфирования.
10. Прямые методы интегрирования по времени уравнений динамического равновесия МКЭ. Метод центральных разностей. Его преимущества и недостатки.
11. Метод Ньюмарка (Newmark) – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамики.
12. Метод Хоуболта (Houbolt) – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамики.
13. Расчет установившихся вынужденных колебаний в МКЭ прямым методом
14. Формулировка задачи определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ
15. Проблема на собственные значения в стандартной и обобщенной форме в задачах МКЭ.
16. Приведение обобщенной проблемы на собственные значения к стандартной форме
17. Свойство ортогональности собственных форм колебаний.
18. Отношение Релея. Свойства отношения Релея
19. Использование сдвигов для определения частот собственных колебаний в заданном диапазоне

20. Метод вращений Якоби для решения стандартной проблемы на собственные значения
21. Метод обратных итераций для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ. Преимущества и недостатки.
22. Метод одновременных итераций для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ.
23. Решение систем линейных алгебраических уравнений в МКЭ с помощью метода LDL^T разложения.
24. Анализ распределения собственных частот колебаний с помощью метода деления спектра, основанного на LDL^T разложении.
25. Решение систем линейных алгебраических уравнений в МКЭ с помощью метода сопряженных градиентов.
26. Основные понятия о спектре удара. Область применения. Методы расчета спектра удара.
27. Нулевые тона колебаний. Физический смысл. Использование при решении квазистатической задачи.
28. Погрешности методов динамического расчета, основанных на разложении по тонам собственных колебаний.
29. Матрицы жесткости и масс стержневого конечного элемента
30. Особенности решения квазистатической задачи. Учет инерционных сил.
31. Особенности динамического расчета конструкций при кинематическом возбуждении.
32. Использование разложения по тонам собственных колебаний при расчете установившихся вынужденных колебаний систем МКЭ.
33. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при наличии вязкого демпфирования. Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики системы. Добротность системы.
34. Использование разложения по тонам собственных колебаний при интегрировании по времени динамических уравнений МКЭ.
35. Определение реакции системы с одной степенью свободы на произвольное внешнее воздействие с помощью интеграла Дюамеля (на примере динамической системы с одной степенью свободы).
36. Реакция динамической системы на единичный импульс (на примере системы с одной степенью свободы).
37. Реакция динамической системы на внезапную нагрузку (на примере системы с одной степенью свободы).
38. Реакция динамической системы на линейно возрастающую нагрузку (на примере системы с одной степенью свободы).
39. Повышение сходимости разложения по тонам собственных колебаний при интегрировании по времени динамических уравнений МКЭ за счет выделения квазистатики.
40. Повышение сходимости разложения по тонам собственных колебаний при расчете установившихся вынужденных колебаний системы МКЭ за счет выделения квазистатики.
41. Алгоритм Ланцоша для расчета частот и форм собственных колебаний системы с конечным числом степеней свободы.
42. Использование динамической конденсации для понижения порядка динамической системы.
43. Применение метода синтеза форм в задачах определения частот и форм собственных колебаний.
44. Собственные продольные колебания стержня постоянного по длине поперечного сечения (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных продольных колебаний стержня.
45. Собственные крутильные колебания бруса круглого поперечного сечения, постоянного по длине (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных крутильных колебаний бруса круглого поперечного сечения.

46. Собственные изгибные колебания балки постоянного по длине поперечного сечения (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных изгибных колебаний балки.
47. Собственные поперечные колебания натянутой струны (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных поперечных колебаний натянутой струны.
48. Особенности моделирования с помощью МКЭ колебаний вращающихся валов.
49. Расчет с помощью МКЭ критических оборотов вращающегося вала.
50. Расчет с помощью МКЭ колебаний в трансмиссиях.
51. Применение МКЭ в задачах расчета виброизоляции конструкций.
52. Применение МКЭ в задачах расчета динамического гашения колебаний.
53. Прочность конструкции кузова при ударном нагружении.
54. Постановка задачи моделирования МКЭ аварийного столкновения транспортных средств.
55. Расчетная оценка МКЭ свойств пассивной безопасности конструкции кузова.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Матричное уравнение динамического равновесия конечно-элементной системы. Основные матрицы. (На примере стержневого элемента)
2. Приблизительный учет затухания в системе МКЭ методом пропорционального демпфирования.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Уравнение динамического равновесия системы с одной степенью свободы при наличии вязкого демпфирования. Собственные колебания системы.
2. Анализ распределения собственных частот колебаний с помощью метода деления спектра, основанного на LDL^T разложении
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Собственные колебания системы с одной степенью свободы без затухания.
2. Матрица масс системы МКЭ, свойства матрицы масс (на примере системы из пружин и сосредоточенных масс или на примере стержневого конечного элемента).
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Матрицы жесткости и масс стержневого конечного элемента
2. Метод Хоуболта (Houbolt)– прямой метод интегрирования по времени уравнений динамического равновесия (на примере динамической системы с одной степенью свободы). Преимущества и недостатки метода.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Уравнение динамического равновесия системы с одной степенью свободы без затухания и при наличии вязкого демпфирования.
2. Проблема на собственные значения в стандартной и обобщенной форме в задачах МКЭ.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Частота собственных колебаний системы с одной степенью свободы (без демпфирования). Период колебаний. Амплитуда колебаний.
2. Свойство ортогональности собственных форм колебаний.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Собственные колебания системы с одной степенью свободы при наличии вязкого демпфирования.
Решение систем уравнений с помощью метода LDL^T разложения.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Формулировка задачи определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ
2. Метод центральных разностей – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамического равновесия (на примере динамической системы с одной степенью свободы). Преимущества и недостатки метода.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 9

1. Логарифмический декремент колебаний..
2. Формирование глобальной матрицы жесткости конструкции из матриц жесткости отдельных элементов (на примере стержневой задачи).
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 10

1. Задача определения частот и форм собственных колебаний для системы с конечным числом степеней свободы как обобщенная задача на собственные значения.
2. Отношение Релея. Свойства отношения Релея
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __
Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 11

1. Использование разложения по тонам собственных колебаний при решении уравнений динамического равновесия системы с конечным числом степеней свободы.
2. Погрешности методов динамического расчета, основанных на разложении по тонам собственных колебаний.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Использование сдвигов для определения частот собственных колебаний системы с конечным числом степеней свободы (в заданном диапазоне).
2. Метод обратных итераций для определения частот и форм собственных колебаний системы с конечным числом степеней свободы.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 13

1. Использование разложения по тонам собственных колебаний при расчете установившихся вынужденных колебаний систем МКЭ.
2. Особенности моделирования с помощью МКЭ колебаний вращающихся валов.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 14

1. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при наличии вязкого демпфирования. Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики системы. Добротность системы.
2. Расчет с помощью МКЭ критических оборотов вращающегося вала.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 15

1. Использование разложения по тонам собственных колебаний при интегрировании по времени динамических уравнений МКЭ.
2. Расчет с помощью МКЭ колебаний в трансмиссиях.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 16

1. Применение МКЭ в задачах расчета виброизоляции конструкций.
2. Определение реакции системы с одной степенью свободы на произвольное внешнее воздействие с помощью интеграла Дюамеля (на примере динамической системы с одной степенью свободы).
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 17

1. Применение МКЭ в задачах расчета динамического гашения колебаний.
2. Реакция динамической системы на единичный импульс (на примере системы с одной степенью свободы).
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 18

1. Оценка прочности конструкции кузова транспортного средства при ударном нагружении.
2. Реакция динамической системы на внезапную нагрузку (на примере системы с одной степенью свободы).
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 19

1. Реакция динамической системы на линейно возрастающую нагрузку (на примере системы с одной степенью свободы).
2. Постановка задачи моделирования МКЭ аварийного столкновения транспортных средств.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 20

1. Повышение сходимости разложения по тонам собственных колебаний при интегрировании по времени динамических уравнений МКЭ за счет выделения квазистатики.
2. Расчетная оценка МКЭ свойств пассивной безопасности конструкции кузова.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 21

1. Повышение сходимости разложения по тонам собственных колебаний при расчете установившихся вынужденных колебаний системы МКЭ за счет выделения квазистатики.
2. Собственные продольные колебания стержня постоянного по длине поперечного сечения (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных продольных колебаний стержня.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 22

1. Алгоритм Ланцоша для расчета частот и форм собственных колебаний системы с конечным числом степеней свободы.
2. Собственные крутильные колебания бруса круглого поперечного сечения, постоянного по длине (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных крутильных колебаний бруса круглого поперечного сечения.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __
Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 23

1. Использование динамической конденсации для понижения порядка динамической системы.
2. Собственные изгибные колебания балки постоянного по длине поперечного сечения (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных изгибных колебаний балки.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 24

1. Применение метода синтеза форм в задачах определения частот и форм собственных колебаний.
2. Собственные поперечные колебания натянутой струны (как системы с распределенными параметрами). Уравнение собственных поперечных колебаний натянутой струны.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., Протокол № __
Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/