Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.06.2025 14:48:24
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«27» февраля 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аналитическая динамика и теория колебаний

Направление подготовки/специальность

5. 3. Прикладная механика

Профиль/специализация

Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности

Квалификация

бакалавр

Формы обучения

Очная

Москва, 2025 г

Разработчик(и):

Доцент, к.т.н. /В.И. Щербаков/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин
и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент /А.А. Скворцов/

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний»:

- формирование у студентов знаний, умений и навыков владения и анализа динамический процессов, протекающих в деталях машин и элементах конструкции при их динамическом нагружении;
- подготовку студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению.

Задачи освоения дисциплины

- овладение студентами принципами аналитической механики и методами расчета и анализа колебаний механических систем.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1 (Б1) основной образовательной программы бакалавриата.

Данная дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- высшая математика;
- физика;
- теоретическая механика;
- сопротивление материалов.

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин вариативной части Блока 1:

- динамика машин;
- динамика технологических систем;
- вероятностные методы в механике машин и конструкций.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК – 1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**Знать:** - основные источники динамических явлений в механических системах; - физико-математический аппарат, который может быть привлечен для решения динамических явлений. **Уметь:** - выявлять сущность динамических явлений в механических системах. **Владеть:** - навыками выявления динамических процессов в динамических системах.
ОПК - 10	Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах	**Знать:** - основные положения и принципы аналитической динамики; - методы исследования колебательных процессов в механических системах; - современные тенденции развития теорий и методов математического и компьютерного моделирования динамических процессов. **Уметь:** - проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности. **Владеть:** - навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем; -навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетные единицы, т.е. 288 академических часов (148 часов - самостоятельная работа студентов).

На 3 курсе в 5 семестре выделяется 4 зачетные единицы, т.е. 144 академических часа (74 часа - самостоятельная работа студентов).

На 3 курсе в 6 семестре выделяется 4 зачетные единицы, т.е. 144 академических часа (74 часа - самостоятельная работа студентов)

Структура и содержание дисциплины по видам работ представлены в Приложении 1 к рабочей программе.

4.2 Содержание разделов дисциплины.

4.2.1 Лекции

Основные понятия и положения аналитической динамики.

Введение. Основные понятия. Механическая система. Связи. Степень свободы. Обобщенные координаты, скорости и ускорения. Обобщенные силы. Возможные перемещения. Вариации. Консервативная система. Дифференциальные и интегральные принципы механики: принцип Даламбера, принцип Лагранжа, принцип Даламбера-Лагранжа, принцип Гамильтона. Уравнение Лагранжа 2-ого рода. Введение в теорию малых колебаний. Критерии устойчивости. Теорема Дирихле. Критерий Сильвестра. Математическое представление внешних воздействий. Классификация колебательных систем.

Колебания систем с одной степенью свободы.

Составление уравнений движения. Свободные колебания линейной системы. Графическое изображение колебаний. Свободные колебания с демпфированием. Виды трения. Логарифмический декремент, его связь с коэффициентом вязкого сопротивления. Вынужденные колебания линейной системы. Уравнения движения в прямой и обратной формах. Реакция системы на импульсное силовое воздействие. Функция Грина. Реакция системы на гармоническое воздействие. Передаточная функция. Амплитудно-частотная характеристика. Коэффициент динамичности. Реакция системы на периодическое воздействие. Метод Фурье. Реакция системы на произвольное воздействие. Метод спектральных представлений. Метод функции Грина.

Реакция системы на поток ударных импульсов. Метод Дуффинга. Реакция системы на внезапное нагружение. Переходные колебания.

Колебания линейной системы при кинематическом воздействии. Составление уравнений движения. Реакция на импульсное кинематическое воздействие. Реакция на кинематическое гармоническое воздействие. Реакция на произвольное кинематическое воздействие. Метод спектральных представлений Фурье. Защита от вибрации. Коэффициент виброизоляции. Параметрические колебания.

Колебания нелинейных систем. Основные понятия. Свободные колебания. Точное решение. Амплитудно-частотная характеристика. Фазовая траектория. Приближенные методы анализа колебаний нелинейных систем. Метод прямой линеаризации. Метод гармонического баланса. Метод припасовывания. Вынужденные колебания. Автоколебания.

Колебания систем с конечным числом степеней свободы.

Введение. Составление уравнений движения. Свободные колебания. Собственные частоты и формы колебаний. Ортогональность собственных форм. Вынужденные колебания. Метод спектральных представлений Фурье: Метод главных координат. Метод функции Грина. Колебания систем при кинематическом воздействии. Динамическая модель автомобиля. Вертикальные и продольные колебания. Приближенные методы анализа колебаний систем. Метод Релея. Метод Донкерлея. Метод Граммеля. Метод динамических податливостей. Метод конечных элементов.

Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами.

Введение. Колебание стержня. Гипотезы и допущения. Свободные колебания стержня. Спектр собственных частот и форм колебаний. Ортогональность собственных форм. Вынужденные колебания стержня.

Крутильные колебания вала. Уравнение крутильных колебаний. Свободные колебания. Вынужденные колебания.

Изгибные колебания балки. Свободные колебания. Решение в форме функций А.Н. Крылова. Граничные и начальные условия. Определение частот и форм собственных колебаний. Ортогональность собственных форм колебаний: вынужденные колебания.

Колебания пластин.

Частоты и формы собственных колебаний. Вынужденные колебания.

4.2.2. Практические занятия.

1. Принцип Даламбера.
2. Принцип возможных перемещений Лагранжа (2 часа).

3. Определение реакции в связах механической системы (2 часа).

4. Определение положений равновесия механической системы (2 часа).

5. Исследование положений равновесия на устойчивость (2 часа).

6. Определение собственных частот линейных систем с одной степенью свободы (4 часа).

7. Вынужденные колебания линейных систем с одной степенью свободы (6 часа).

8. Свободные колебания нелинейных систем с одной степенью свободы (4 часа).

9. Вынужденные колебания нелинейных систем с одной степенью свободы (4 часа).

10. Свободные колебания системы с двумя степенями свободы (4 часа).

11. Вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы (4 часа).

12. Продольные колебания стержней (4 часа).

13. Крутильные колебания валов (4 часа).

14. Изгибные колебания балок (6 часа).

15. Заключительное занятие (2 часа).

4.2.3 Лабораторные занятия.

1. Исследование свободных колебаний системы с одной степенью свободы без сопротивления (2 часа).

2. Исследование свободных колебаний системы с одной степенью свободы с сопротивлением (2 часа).

3. Исследование вынужденных колебаний диссипативной системы с одной степенью свободы при силовом возбуждении (2 часа).

4. Исследование вынужденных колебаний диссипативной системы с одной степенью свободы при кинематическом возбуждении (2 часа).

5. Определение частоты свободных колебаний линейной системы с одной степенью свободы (2 часа).

6. Определение частоты свободных колебаний упругой стойки с грузом (2 часа).

7. Параметрические колебания обращенного маятника (2 часа).

8. Исследования поперечных колебаний балки (2 часа).

9. Определение собственных частот и собственных форм колебаний линейных систем с несколькими степенями свободы (4 часа).

10. Определение собственных частот продольных колебаний стрежней (4 часа).

11. Определение собственных частот крутильных колебаний валов (4 часа).

12. Определение критических скоростей валов (2 часа).

13. Определение собственных частот изгибных колебаний балок (4 часа).

14. Итоговое занятие (2 часа).

4.2.4 Расчетно-графические работы

1. Колебания линейных систем с одной степенью свободы.
2. Колебания нелинейной упругой системы с одной степенью свободы.
3. Колебания линейных систем с несколькими степенями свободы.
4. Продольные колебания стержня.
5. Крутильные колебания вала.
6. Поперечные колебания балки.

4.2.5 Курсовой проект.

1. Исследование колебаний автомобиля.
2. Исследование колебаний трансмиссии автомобиля.
3. Исследование колебаний пространственных каркасов кабин транспортных средств.

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки и реализации компетентного подхода при изложении материала предусматривается методика преподавания дисциплины с использованием следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- выполнение 6 расчетно-графических работ;
- подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
- работу над курсовым проектом;
- подготовку к экзаменам.

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 промежуточной успеваемости:

- индивидуальная расчетно-графическая работа, посвящённая разработке ряда вопросов прочности инженерных конструкций в объеме, предусматривающим реализацию теоретических и практических навыков, обучающихся по направлению.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
УК – 1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ОПК - 10	Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции формируются поэтапно в ходе освоения дисциплин, 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, описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине.

УК – 1Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач				
Показатель	Критерий оценивания			
	2	3	4	5
Знать: - основные источники динамических явлений в механических системах; - физико-математический аппарат,	Обучающийся не знает основные источники динамических явлений в механических системах, физико-математический аппарат,	Обучающийся с трудом разбирается в основных источниках динамических явлений в механических системах, физико-математическом	Обучающийся хорошо разбирается и ориентируется в основных источниках динамических явлений в механических системах, физико-	Обучающийся отлично знает основных источниках динамических явлений в механических системах, физико-математическом

который может быть привлечен для решения динамических явлений	который может быть привлечен для решения динамических явлений.	аппарате, который может быть привлечен для решения динамических явлений.	математическом аппарате, который может быть привлечен для решения динамических явлений.	аппарате, который может быть привлечен для решения динамических явлений.
Уметь: - выявлять сущность динамических явлений в механических системах.	Обучающийся не умеет выявлять сущность динамических явлений в механических системах.	Обучающийся слабо умеет выявлять сущность динамических явлений в механических системах.	Обучающийся хорошо умеет выявлять сущность динамических явлений в механических системах.	Обучающийся отлично справляется с выявлением сущности динамических явлений в механических системах.
Владеть: - навыками выявления динамических процессов в динамических системах.	Обучающийся не владеет навыками выявления динамических процессов в динамических системах.	Обучающийся не достаточно твердо владеет навыками выявления динамических процессов в динамических системах.	Обучающийся хорошо владеет навыками выявления динамических процессов в динамических системах.	Обучающийся отлично владеет навыками выявления динамических процессов в динамических системах.
ОПК - 10 Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах				
Показатель	Критерий оценивания			
	2	3	4	5
Знать: - основные положения и принципы аналитической динамики; - методы исследования колебательных процессов в механических системах; - современные тенденции развития теорий и методов математического	Обучающийся плохо знает основные положения и принципы аналитической динамики, методы исследования колебательных процессов в механических системах, современные тенденции развития теорий и методов математического	Обучающийся демонстрирует удовлетворительные знания основных положений и принципов аналитической динамики, методов исследования колебательных процессов в механических системах, современных тенденций развития теорий и методов математического и компьютерного	Обучающийся хорошо знает основные положения и принципы аналитической динамики, методы исследования колебательных процессов в механических системах, современные тенденции развития теорий и методов математического	Обучающийся отлично знает основные положения и принципы аналитической динамики, методы исследования колебательных процессов в механических системах, современные тенденции развития теорий и методов математического

и компьютерного моделирования динамических процессов	и компьютерного моделирования динамических процессов.	моделирования динамических процессов.	и компьютерного моделирования динамических процессов.	и компьютерного моделирования динамических процессов.
Уметь: - проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.	Обучающийся не умеет проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.	Обучающийся не твердо умеет проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.	Обучающийся хорошо умеет проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.	Обучающийся отлично умеет проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.
Владеть: - навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем; -навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем	Обучающийся не владеет навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем, навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем.	Обучающийся слабо владеет навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем, навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем.	Обучающийся хорошо владеет навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем, навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем.	Обучающийся отлично владеет навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем, навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем.

6.2.3 Шкала оценивания результатов промежуточных аттестаций. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю) за 5 семестр, 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 «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний».

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	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.
Хорошо	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 допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент

	демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Допускает ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Неудовлетворительно	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. *Остроградский, М. В.* Лекции по аналитической механике / М. В. Остроградский. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 288 с. — (Антология мысли). URL: https://urait.ru/bcode/454229

2. *Жуковский, Н. Е.* Аналитическая механика. Теория регулирования хода машин. Прикладная механика : учебник для вузов / Н. Е. Жуковский ; под редакцией В. П. Ветчинкина, Н. Г. Чеботарева. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 462 с. URL: https://urait.ru/bcode/453016

б) дополнительная литература:

1. Климов, А. С. Колебания и волны: учебно-методическое пособие / А. С. Климов, А. В. Медовник, Ю. Г. Юшков. — Москва: ТУСУР, 2018. — 114 с. URL: https://e.lanbook.com/book/313070

2. Алдошин, Г. Т. Аналитическая динамика: учебное пособие / Г. Т. Алдошин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 58 с. — ISBN 978-5-906920-43-0.

URL: https://e.lanbook.com/book/121819

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы: учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте lib.mami.ru в разделе «Электронный каталог» (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Операционная система Windows 7 (или ниже)
MS Office 2013 (или ниже)
Mathcad Education

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированный компьютерный класс кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» (содержит столы, стулья, маркерная доска, компьютеры с прикладным тематическим программным обеспечением, подвесной проектор с интерактивной доской, выход в сеть «Интернет»).

Учебные аудитории (содержит столы учебные со скамьями, аудиторная доска).

Лабораторная аудитория (содержит столы, стулья, меловая доска, учебная испытательная машина для проведения испытаний на растяжение/сжатие и кручение МИ-40КУ, копер маятниковый МК-300, универсальный учебный комплекс по сопротивлению материалов СМ-1, универсальный комплекс для проведения лабораторных работ СМ-2, лабораторный комплекс ЛКСМ-1К, комплекс для демонстрации механических и демпфирующих свойств пластичных материалов, устройство для наглядной демонстрации ползучести материалов WP600, машина для испытаний на усталость, комплекс для проведения лабораторных работ по курсу «устойчивость механических систем»).

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 специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей студентов, самостоятельности, ответственности и организованности.

Изучение дисциплины неразрывно связано с самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. При этом студент сам планирует свою самостоятельную работу, что создает более благоприятную обстановку и 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.

Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10 минут. 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.

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 занятиями 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.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к лабораторной работе.

Цель 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.

После каждого лекционного и лабораторного 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 по дисциплине проводится в письменной форме 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 экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний»
по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика»

п/п	Раздел	Се-ме-стр	Неде-ля се-местра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттеста-ции	
				л	п/с	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К/р	Э	З
Семестр 5															
1	Основные понятия и положения аналитической динамики	5		4	4	4	14				РГР№1				
2	Колебания систем с одной степенью свободы	5		8	10	12	30				РГР№2				
3	Колебания систем с конечным числом степеней свободы	5		6	4	20	30				РГР№3				
Всего за 5 семестр				**18**	**18**	**36**	**74**				**3РГР**			**Э**	
Семестр 6															
4	Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерционными параметрами	6		28	28		37				РГР№4,5		+		
5	Колебания пластин и оболочек	6		6	6		37				РГР№6		+		
Всего за 6 семестр				**34**	**34**	**-**	**74**				**3РГР**			**Э**	
	Форма аттестации													2Э	
ИТОГО				52	52	36	148				6РГР		1КП		

Приложение 2.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки:	15.03.03 «Прикладная механика»
Профили:	«Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности»
Формы обучения:	очная
Кафедра:	Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Аналитическая динамика и теория колебаний»

Составитель: **к.т.н. Щербаков В.И.**

Москва, 2024 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Аналитическая динамика и теория колебаний
ФГОС ВО **15.03.03 «Прикладная механика»**
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **компетенции**:

КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства**
индекс	**формулировка**			
УК – 1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**знать:** • основные положения и принципы аналитической динамики, методы исследования колебательных процессов в механических системах, современные тенденции развития теорий и методов математического и компьютерного моделирования динамических процессов. **уметь:** • проводить расчетные работы в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности **владеть:** • навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем навыками применения методов аналитической динамики и теории колебаний для исследования динамики механических систем, навыками применения существующих программных средств (Mathcad и др.) для проведения динамических расчетов механических систем	самостоятельная работа, лабораторные работы, опрос на лабораторных занятиях	УО, РГР, Курс.П Экз

ОПК - 10	Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах	**знать:** • основные источники динамических явлений в механических системах, физико-математический аппарат, который может быть привлечен для решения динамических явлений **уметь:** • выявлять сущность динамических явлений в механических системах, **владеть:** • навыками выявления динамических процессов в динамических системах	самостоятельная работа, лабораторные работы, опрос на лабораторных занятиях	УО, РГР, Курс.П. Экз

Приложение 2
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине ***Аналитическая динамика и теория колебаний***

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы
2	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
3	Курсовой проект (Курс.П)	Средство проверки умений и навыков поиска и осмысления необходимой информации.	Пример задания на курсовой проект
4	Экзамен (Экз)	Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно»	Примеры экзаменационных билетов и вопросы

Приложение 2.

Фонды оценочных средств по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний» по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика».

Пример экзаменационного билета

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

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний»
Направление 15.03.03 «Прикладная механика»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3.

1. Уравнение Лагранжа 2-ого рода.

2. Метод Фурье.

3. Задача

Утверждено на заседании кафедры « ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

Вопросы для экзамена (пятый семестр) (УК-1, ОПК-10):

1. Основные понятия и положения аналитической динамики. Основные понятия.
2. Механическая система. Связи. Степень свободы.
3. Обобщенные координаты, скорости и ускорения. Обобщенные силы.
4. Возможные перемещения. Вариации. Консервативная система.
5. Дифференциальные и интегральные принципы механики: принцип Даламбера, принцип Лагранжа, принцип Даламбера-Лагранжа, принцип Гамильтона.
6. Уравнение Лагранжа 2-ого рода.
7. Введение в теорию малых колебаний. Критерии устойчивости.
8. Теорема Дирихле.
9. Критерий Сильвестра. Математическое представление внешних воздействий.
10. Классификация колебательных систем.
11. Колебания систем с одной степенью свободы. Составление уравнений движения.
12. Колебания систем с одной степенью свободы. Свободные колебания линейной системы.
13. Колебания систем с одной степенью свободы. Графическое изображение колебаний.
14. Колебания систем с одной степенью свободы. Свободные колебания с демпфированием. Виды трения.
15. Колебания систем с одной степенью свободы. Логарифмический декремент, его связь с коэффициентом вязкого сопротивления.
16. Вынужденные колебания линейной системы.
17. Уравнения движения в прямой и обратной формах. Реакция системы на импульсное силовое воздействие.
18. Функция Грина.
19. Реакция системы на гармоническое воздействие.
20. Передаточная функция. Амплитудно-частотная характеристика. Коэффициент динамичности.
21. Реакция системы на периодическое воздействие.
22. Метод Фурье.
23. Реакция системы на произвольное воздействие.
24. Метод спектральных представлений.
25. Метод функции Грина. Реакция системы на поток ударных импульсов. Метод Дуффинга.
26. Реакция системы на внезапное нагружение. Переходные колебания.
27. Колебания линейной системы при кинематическом воздействии. Составление уравнений движения.

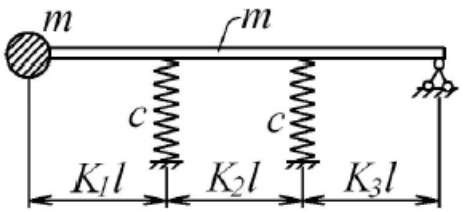
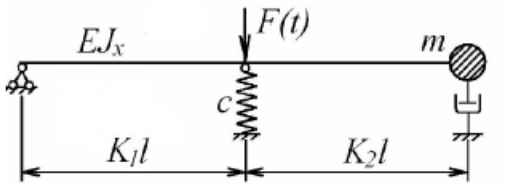
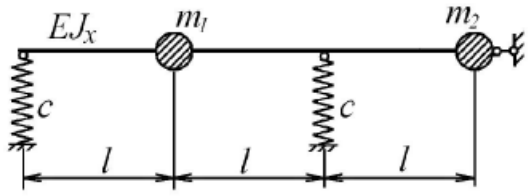
28. Реакция на импульсное кинематическое воздействие. Реакция на кинематическое гармоническое воздействие.
29. Реакция на произвольное кинематическое воздействие.
30. Метод спектральных представлений Фурье.

Вопросы для экзамена (шестой семестр) (УК-1, ОПК-10):

1. Защита от вибрации. Коэффициент виброизоляции.
2. Параметрические колебания.
3. Колебания нелинейных систем.
4. Параметрические колебания. Свободные колебания. Точное решение.
5. Амплитудно-частотная характеристика.
6. Фазовая траектория.
7. Приближенные методы анализа колебаний нелинейных систем.
8. Метод прямой линеаризации.
9. Метод гармонического баланса.
10. Метод припасовывания.
11. Вынужденные колебания. Автоколебания.
12. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Составление уравнений движения.
13. Свободные колебания. Собственные частоты и формы колебаний.
14. Ортогональность собственных форм. Вынужденные колебания.
15. Метод спектральных представлений Фурье: Метод главных координат. Метод функции Грина.
16. Колебания систем при кинематическом воздействии.
17. Динамическая модель автомобиля. Вертикальные и продольные колебания.
18. Приближенные методы анализа колебаний систем. Метод Релея. Метод Донкерлея.
19. Метод Граммеля. Метод динамических податливостей.
20. Метод конечных элементов.
21. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Гипотезы и допущения. Свободные колебания стержня.
22. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Спектр собственных частот и форм колебаний.
23. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Ортогональность собственных форм.
24. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Вынужденные колебания стержня.
25. Крутильные колебания вала.
26. Уравнение крутильных колебаний. Свободные колебания. Вынужденные колебания.

27. Изгибные колебания балки. Свободные колебания.
28. Решение в форме функций А.Н. Крылова. Граничные и начальные условия. Определение частот и форм собственных колебаний.
29. Ортогональность собственных форм колебаний: вынужденные колебания.
30. Колебания пластин. Частоты и формы собственных колебаний. Вынужденные колебания.

Пример экзаменационных задач
(УК-1, ОПК-10)

	Для заданной системы составить уравнение движения. Определить частоту собственных колебаний
	Составить уравнение движений вынужденных колебаний при гармоническом законе изменения силы
	Определить собственные формы свободных колебаний системы с двумя степенями свободы

Пример вопросов для проведения
устного опроса (собеседования) (УК-1, ОПК-10)

1. Что такое механическая система?
2. Что такое связь?
3. Возможные перемещения;
4. Консервативная система;
5. Принцип Даламбера;
6. Принцип Лагранжа;
7. Принцип Даламбера-Лагранжа;
8. Принцип Гамильтона.
9. Виды трения
10. Функция Грина
11. Амплитудно-частотная характеристика
12. Метод Фурье
13. Метод функции Грина
14. Метод Дуффинга
15. Теорема Дирихле
16. Критерий Сильвестра
17. Колебания систем с одной степенью свободы
18. Колебания нелинейных систем
19. Параметрические колебания
20. Метод прямой линеаризации
21. Метод гармонического баланса
22. Метод Релея
23. Метод Донкерлея
24. Метод Граммеля
25. Колебания стержневых систем
26. Вынужденные колебания стержня
27. Крутильные колебания вала
28. Изгибные колебания балки
29. Автоколебания
30. Метод спектральных представлений Фурье

Пример задания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний» для оценки компетенций
(УК-1, ОПК-10)

Жесткий брус постоянного поперечного сечения, имеющий массу m и длину l, установлен на шарнирно неподвижной опоре и поддерживается двумя безынерционными пружинами с жесткостями c_1 и c_2 (рис. 1). Брус несет сосредоточенный груз массой m_1. Требуется:

1) рассматривая конструкцию как систему с одной степенью свободы без затухания, записать уравнение малых свободных колебаний относительно положения статического равновесия;

2) вычислить частоту собственных колебаний ω_0 для двух случаев:

а) с учетом массы сосредоточенного груза и бруса;

б) с учетом массы только сосредоточенного груза (массой бруса пренебречь);

3) оценить расхождения полученных результатов собственных частот в п. 2.

Исходные данные для задания выбираются исходя из индивидуального варианта

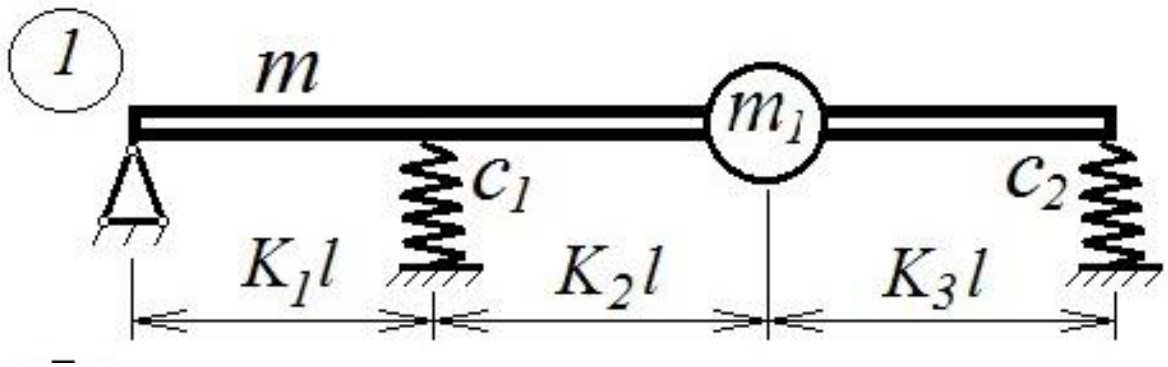


Рис.1

Пример задания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Аналитическая динамика и теория колебаний» для оценки компетенций (УК-1, ОПК-10)

Для заданного транспортного средства (рис. 1) требуется:
1) Составить дифференциальные уравнения вертикальных и угловых колебаний в продольно-вертикальной плоскости, являющейся плоскостью симметрии машины;
2) Найти условие, при котором вертикальные колебания передней и задней подвесок становятся независимыми;
3) Принимая справедливым условие независимости вертикальных и угловых колебаний (см. п. 2), построить одномассовую или двухмассовую эквивалентную динамическую схему системы подрессоривания машины и соответствующую ей математическую модель, на основе которой провести расчеты по нижеследующим пунктам;
4) Определить циклическую частоту собственных колебаний и передаточные функции от внешнего воздействия к перемещениям, скоростям, ускорениям и силам инерции подрессоренной массы;
5). Найти реакцию системы на единичное импульсное нагружение;
6). Определить установившийся закон движения системы при гармоническом воздействии. Построить амплитудно-частотные характеристики.

Исходные данные выбираются исходя из индивидуального варианта

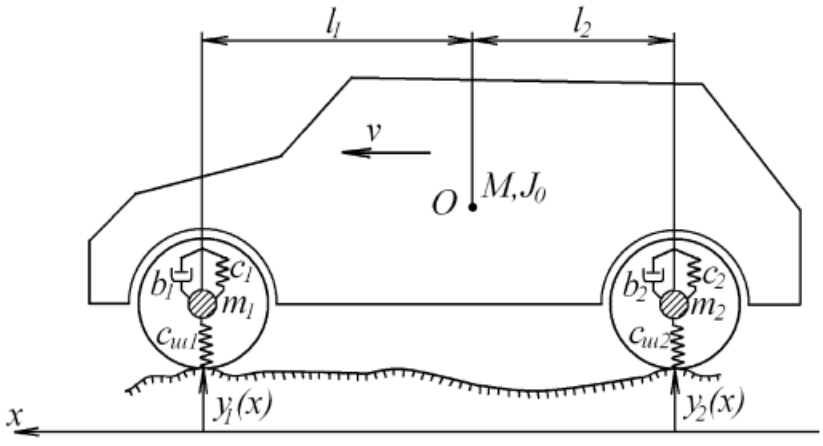


Рис. 1 Схема