

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы специалитета
по специальности
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Динамика систем

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Электрический транспорт железных дорог

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5214
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег
Евгеньевич
Дата: 29.05.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины "Динамика систем" являются:

- изложение некоторых методов аналитической механики, применяемых для исследования динамики достаточно сложных систем, представляющих собой модели реальных конструкций подвижного состава (п.с.) железных дорог;
- исследование динамических процессов в рельсовом подвижном составе;
- изучение методов, используемых при описании статического и динамического состояния подвижного состава с использованием современной вычислительной техники.

Задачами освоения учебной дисциплины "Динамика систем" являются:

- освоение навыков выбора наиболее подходящего метода решения конкретных задач по исследованию движения сложных систем;
- освоение навыков разработки кинематических схем моделей подвижного состава;
- освоение в области создания математической модели п.с. путем составления систем дифференциальных уравнений;
- освоение в области составления и решения уравнения движения всех видов подвижного состава;
- освоение методов исследования свободных и вынужденных колебаний моделей подвижного состава;
- освоение анализа результатов исследований и выбора на основании этого анализа необходимых параметров рессорного подвешивания;
- освоение навыков самостоятельной работы с науч-но-технической литературой по динамике п.с.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-9 - Имеет навык выполнять обоснование параметров конструкции конструкций и систем тягового подвижного состава.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

принципы аналитической механики, общее уравнение динамики системы, понятие и применение обобщенных координат, выражения принципов механики в обобщенных силах, понятия и определения из теории устойчивости равновесия систем, свободные колебания систем с одной и с конечным числом степеней свободы, понятие и условия об устойчивости движения, методы исследования вынужденных колебаний тягового подвижного состава.

Уметь:

определить число степеней свободы и создать математическую модель подвижного состава путем составления систем дифференциальных уравнений, составить и решить уравнения движения всех видов подвижного состава, анализировать результаты исследований и выбирать на основании этого анализа необходимые параметры рессорного подвешивания, уметь самостоятельно работать с научно-технической литературой по динамике подвижного состава

Владеть:

навыками выбора наиболее подходящего метода решения конкретных задач по исследованию движения сложных систем, навыками разработки кинематических схем моделей подвижного состава; владеть методами исследования свободных и вынужденных колебаний моделей подвижного состава

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 80 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Краткие сведения из аналитической механики. Принцип ДАламбера. Принцип Д'Аламбера; принцип Д'Аламбера для материальной точки.
2	Принцип ДАламбера. Принцип Д'Аламбера для системы материальных точек; главный вектор и главный момент сил инерции твердого тела в различных случаях движения; применение принципа Д'Аламбера для решения практических задач.
3	Некоторые дифференциальные принципы аналитической механики. Понятие вариационного принципа; принцип задаваемых мощностей; принцип возможных мощностей.
4	Некоторые дифференциальные принципы аналитической механики. Общее уравнение динамики системы; принцип Журдена; принцип Лагранжа; пример применения общего уравнения динамики системы; практическое применение принципов Журдена и Лагранжа в задачах равновесия систем.
5	Обобщенные координаты. Понятие обобщенных координат; применение обобщенных координат в аналитической механике.
6	Принципы механики в обобщенных силах. Выражение принципов механики в обобщенных силах, понятие об обобщенных силах; общее уравнение динамики в обобщенных силах.
7	Уравнение Лагранжа второго рода. Уравнение Лагранжа второго рода для консервативной системы; уравнение Лагранжа второго рода для потенциальной системы с вязкими диссипативными связями.
8	Применение методов аналитической механики с использованием обобщенных координат и обобщенных сил. Решение практических задач.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
9	Краткие сведения из теории устойчивости равновесия систем. Устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие системы; равновесное положение системы с идеальными стационарными связями; условие устойчивости равновесия (теорема Лагранжа).
10	Колебания систем с одной степенью свободы. Уравнение колебаний модели локомотива как системы с одной степенью свободы; свободные колебания системы с одной степенью свободы (затухание отсутствует).
11	Колебания систем с конечным числом степеней свободы Особенности составления уравнений и форм записи уравнений колебаний систем с конечным числом степеней свободы
12	Уравнения колебаний модели локомотива как системы с двумя степенями свободы. Определение кинетической энергии, обобщенных силы инерции, обобщенных активных сил; составление уравнений движения модели рельсового экипажа как системы с двумя степенями свободы.
13	Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Составление системы однородных дифференциальных уравнений и ее решение; корни характеристического уравнения; коэффициенты распределения амплитуд; определение собственных частот и форм колебаний; QR-алгоритм Френсиса–Кублановской; парциальные частоты колебаний; парциальные коэффициенты относительного затухания; коэффициента связанности Л.И. Мандельштама.
14	Понятие об устойчивости движения. Условия устойчивости А.М. Ляпунова; устойчивое и установившееся движения; графики составляющих свободного движения системы, соответствующие вещественным значениям характеристических показателей; графики составляющих свободного движения системы соответствующие комплексным значениям характеристических показателей; инкремент колебаний и логарифмический инкремент; устойчивость «в малом», «в большом», «в целом».
15	Методы исследования вынужденных колебаний тягового Общие сведения о методах исследования вынужденных колебаний; вынужденные колебания линейной системы с одной степенью свободы при непериодическом возмущении (колебания линейной системы при возмущении в виде ступенчатой функции). Вынужденные колебания линейной системы с одной степенью свободы при непериодическом возмущении (колебания линейной системы при импульсном возмущении, колебания линейной системы при возмущающей функции общего вида).
16	Комплексная форма исследования установившегося вынужденного движения системы с одной степенью свободы. Выражение для обобщенного гармонического сигнала; комплексная функция частоты возмущающей силы (частотная характеристика системы); динамическая безразмерная жесткость; амплитудная и фазовая частотные характеристики; физический смысл частотной характеристики.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Разработка кинематической схемы исследуемой модели вертикальных колебаний плоского двухосного экипажа: – анализ конструкции исследуемого экипажа и определение его параметров; – разработка кинематической схемы механо-математической модели вертикальных колебаний плоского двухосного экипажа

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
2	Составление системы уравнений вертикальных колебаний исследуемой модели в области времени t: – составление схемы сил, действующих на экипаж; – запись выражений для сил и моментов сил инерции; – запись выражений для упругих и диссипативных сил; – составление уравнений вынужденных вертикальных колебаний подпрыгивания и галопирования модели экипажа в области времени t.
3	Составление системы уравнений вертикальных колебаний исследуемой модели в области частоты j?: – изучение принципов перехода из временной области в область частоты j? – запись возмущений, действующих на модель экипажа в области частоты, с учетом запаздывания передачи возмущения на вторую по ходу движения колесную пару; – запись системы дифференциальных уравнений вертикальных колебаний подпрыгивания и галопирования исследуемой модели экипажа в области частоты.
4	Понятие частотной характеристики системы. Вывод выражений исследуемых частотных характеристик. – преобразование дифференциальных уравнений вертикальных колебаний модели экипажа в области частоты с выделением частотных характеристик системы; понятие частотной характеристики системы. – запись выражений частотных характеристик системы как отношение изображения реакции системы к изображению входного возмущения.
5	Расчет исследуемых частотных характеристик при различных скоростях движения экипажа. – вывод выражений частотных характеристик системы в соответствии с заданием на лабораторную работу (всего 10 различных частотных характеристик); – подготовка исходных данных для расчета заданных частотных характеристик на ЦВМ; – выполнение расчета заданных частотных характеристик на ЦВМ.
6	Исследование влияния скорости движения на частотные характеристики модели экипажа. – построение графиков заданных амплитудных частотных характеристик при различных скоростях движения модели экипажа; – анализ графиков заданных амплитудных частотных характеристик при различных скоростях движения; – расчет реакции системы (перемещения, силы, ускорения) при заданной амплитуде возмущения и частоте по графикам амплитудных частотных характеристик системы; – оценка влияния скорости движения на исследуемые частотные характеристики модели экипажа.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Работа с литературой
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

«Исследование свободных колебаний упрощенных моделей э.п.с.». Задание на курсовую работу включает в себя № кинематической схемы и № варианта исходных данных, приведенных в учебном пособии по данной дисциплине.

Варианты заданий

1)

1. № кинематической схемы: 3.4

2. № варианта исходных данных (табл. 3.1): 3

2)

1. № кинематической схемы: 3.4

2. № варианта исходных данных (табл. 3.1): 7

3)

1. № кинематической схемы: 3.4

2. № варианта исходных данных (табл. 3.1): 19

4)

1. № кинематической схемы: 3.5

2. № варианта исходных данных (табл. 3.2): 6

5)

1. № кинематической схемы: 3.5

2. № варианта исходных данных (табл. 3.2): 19

6)

1. № кинематической схемы: 3.5

2. № варианта исходных данных (табл. 3.2): 9

7)

1. № кинематической схемы: 3.6

2. № варианта исходных данных (табл. 3.3): 11

8)

1. № кинематической схемы: 3.6

2. № варианта исходных данных (табл. 3.3): 15

9)

1. № кинематической схемы: 3.6

2. № варианта исходных данных (табл. 3.3): 7

10)

1. № кинематической схемы: 3.7

2. № варианта исходных данных (табл. 3.4): 1

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Краткий курс теоретической механики С.М. Тарг Однотомное издание Высш. шк. , 1995	НТБ (уч.1); НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2)
2	Методические указания для самостоятельной работы "Колебания рельсовых экипажей" А.Н. Савоськин, Е.В. Сердобинцев, Л.В. Винник; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 2001	НТБ (уч.3)
3	Механическая часть тягового подвижного состава И.В. Бирюков; А.Н. Савоськин; Г.П. Бурчак; Под ред. И.В. Бирюкова Однотомное издание Транспорт , 1992	https://ru.z-library.sk/book/3077461/4b7c5c/
4	Краткий курс теоретической механики С.М. Тарг. Высш. шк. , 1986	https://ru.z-library.sk/book/450279/ff2f9e/Краткий-курс-теоретической-механики.html
1	Механическая часть тягового подвижного состава И.В. Бирюков; А.Н. Савоськин; Г.П.	НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)

	Бурчак; Под ред. И.В. Бирюкова Однотомное издание Транспорт , 1992	
--	--	--

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miit.ru/> – научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ)

<http://www.elibrary.ru/> – Информационный портал Научная электронная библиотека

<http://window.edu.ru> – единая коллекция цифровых образовательных ресурсов

<http://rzd.ru/> – сайт ОАО «РЖД»

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Специализированная программа MathCAD

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Компьютерный класс.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Курсовая работа в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры
«Электропоезда и локомотивы»

А.П. Васильев

профессор, профессор, д.н. кафедры
«Электропоезда и локомотивы»

А.Н. Савоськин

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин