

**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: Высокоскоростной наземный транспорт

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: 24.10.2025

## 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 подвижного состава высокоскоростного наземного транспорта.

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.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Краткие сведения из аналитической механики. Принцип ДАламбера.<br>Принцип Д'Аламбера; принцип Д'Аламбера для материальной точки.                                                                                                                                           |
| 2        | Принцип ДАламбера.<br>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.<br>Понятие вариационного принципа; принцип задаваемых мощностей; принцип возможных мощностей.                                                                                                                  |
| 4        | Некоторые дифференциальные принципы аналитической механики.<br>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.<br>Понятие обобщенных координат; применение обобщенных координат в аналитической механике.                                                                                                                                                          |
| 6        | Принципы механики в обобщенных силах.<br>Выражение принципов механики в обобщенных силах, понятие об обобщенных силах; общее уравнение динамики в обобщенных силах.                                                                                                        |
| 7        | Уравнение Лагранжа второго рода.<br>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.<br>Решение практических задач.                                                                                                                                           |
| 9        | Краткие сведения из теории устойчивости равновесия систем.<br>Устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие системы; равновесное положение системы с идеальными стационарными связями; условие устойчивости равновесия (теорема Лагранжа).                            |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10       | Колебания систем с одной степенью свободы.<br>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<br>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.<br>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.<br>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.<br>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<br>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.<br>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

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Разработка кинематической схемы исследуемой модели вертикальных колебаний плоского двухосного экипажа:<br>– анализ конструкции исследуемого экипажа и определение его параметров;<br>– разработка кинематической схемы механо-математической модели вертикальных колебаний плоского двухосного экипажа |
| 2        | Составление системы уравнений вертикальных колебаний исследуемой модели в области времени $t$ :<br>– составление схемы сил, действующих на экипаж;                                                                                                                                                     |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– запись выражений для сил и моментов сил инерции;</li> <li>– запись выражений для упругих и диссипативных сил;</li> <li>– составление уравнений вынужденных вертикальных колебаний подпрыгивания и галопирования модели экипажа в области времени <math>t</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3        | <p>Составление системы уравнений вертикальных колебаний исследуемой модели в области частоты <math>j\omega</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение принципов перехода из временной области в область частоты <math>j\omega</math>;</li> <li>– запись возмущений, действующих на модель экипажа в области частоты, с учетом запаздывания передачи возмущения на вторую по ходу движения колесную пару;</li> <li>– запись системы дифференциальных уравнений вертикальных колебаний подпрыгивания и галопирования исследуемой модели экипажа в области частоты.</li> </ul>                                                      |
| 4        | <p>Понятие частотной характеристики системы. Вывод выражений исследуемых частотных характеристик.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– преобразование дифференциальных уравнений вертикальных колебаний модели экипажа в области частоты с выделением частотных характеристик системы; понятие частотной характеристики системы.</li> <li>– запись выражений частотных характеристик системы как отношение изображения реакции системы к изображению входного возмущения.</li> </ul>                                                                                                                                                        |
| 5        | <p>Расчет исследуемых частотных характеристик при различных скоростях движения экипажа.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вывод выражений частотных характеристик системы в соответствии с заданием на лабораторную работу (всего 10 различных частотных характеристик);</li> <li>– подготовка исходных данных для расчета заданных частотных характеристик на ЦВМ;</li> <li>– выполнение расчета заданных частотных характеристик на ЦВМ.</li> </ul>                                                                                                                                                                                    |
| 6        | <p>Исследование влияния скорости движения на частотные характеристики модели экипажа.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– построение графиков заданных амплитудных частотных характеристик при различных скоростях движения модели экипажа;</li> <li>– анализ графиков заданных амплитудных частотных характеристик при различных скоростях движения;</li> <li>– расчет реакции системы (перемещения, силы, ускорения) при заданной амплитуде возмущения и частоте по графикам амплитудных частотных характеристик системы;</li> <li>– оценка влияния скорости движения на исследуемые частотные характеристики модели экипажа.</li> </ul> |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>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     | Оганьян, Э. С. Основы механики тягового подвижного состава : учебное пособие / Э. С. Оганьян. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 120 с. – ISBN 978-5-9729-2347-2. - Текст : электронный | URL:<br><a href="https://znanium.ru/catalog/product/2225896">https://znanium.ru/catalog/product/2225896</a><br>(дата обращения: 24.10.2025). – Режим доступа: по подписке.            |
| 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                                               | <a href="https://ru.z-library.sk/book/3077461/4b7c5c/">https://ru.z-library.sk/book/3077461/4b7c5c/</a>                                                                               |
| 4     | Краткий курс теоретической механики С.М. Тарг. Высш. шк. , 1986                                                                                                                                    | <a href="https://ru.z-library.sk/book/450279/ff2f9e/Краткий-курс-теоретической-механики.html">https://ru.z-library.sk/book/450279/ff2f9e/Краткий-курс-теоретической-механики.html</a> |
| 5     | Мазнев, А. С. Динамика электрического подвижного состава : учебное пособие / А.С. Мазнев, М.Ю. Изварин, А.М. Евстафьев. —                                                                          | URL:<br><a href="https://znanium.ru/catalog/product/2119561">https://znanium.ru/catalog/product/2119561</a><br>(дата обращения: 24.10.2025). – Режим                                  |

|   |                                                                                                                                                               |                                   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|   | Москва : ИНФРА-М, 2024. — 214 с. —<br>(Высшее образование: Специалитет). — DOI<br>10.12737/1013692. - ISBN 978-5-16-014968-4.<br>- Текст : электронный.       | доступа: по подписке.             |
| 1 | Механическая часть тягового подвижного<br>состава И.В. Бирюков; А.Н. Савоськин; Г.П.<br>Бурчак; Под ред. И.В. Бирюкова Однотомное<br>издание Транспорт , 1992 | НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.) |

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

<http://library.mii.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 ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин