

**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 магистратуры  
по направлению подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Динамика рельсового транспорта**

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электрический 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: 19.05.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины "Динамика рельсового транспорта" являются:

- изучение динамических явления, возникающих в подвижном составе и рельсовом пути при движении подвижного состава, а также явлений, возникающих при взаимодействии электроподвижного состава с окружающей средой;

- изучить выбор схемы и параметров оборудования электроподвижного состава и, в частности, виброзащитных устройств (рессорное подвешивание, горизонтальные, продольные и поперечные связи колёсных пар с рамой тележки и тележки с кузовом, подвешивание тягового двигателя, тягового редуктора и т. п.);

- изучение как расчётных, так и современных методов проведения динамических испытаний, а также аппаратуры, применяемой при этом.

Задачи освоения учебной дисциплины "Динамика рельсового транспорта" являются:

- освоение математического описания динамических явлений, возникающих в электроподвижном составе при его движении по рельсовому пути и их расчёты;

- освоение устойчивости движения и показателей динамических качеств (ПДК) механической части электроподвижного состава характеризующих степень защиты от вибраций,

вызываемых неровностями пути, самого электроподвижного состава, локомотивных бригад и пассажиров, а также безопасность движения электроподвижного состава по рельсовому пути;

- освоение выбора схемы и параметров механической части электроподвижного состава;

- освоение оценки безотказности виброзащитных свойств механической части, определяемой по условию непревышения ПДК своих допустимых значений за межремонтный пробег.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

**ОПК-1** - Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки.

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

**Владеть:**

Владеть методиками расчета элементов рессорного подвешивания, а также оценки показателей динамических качеств электроподвижного состава.

**Знать:**

Знать схемы и параметры рессорного подвешивания электроподвижного состава, а также показатели его динамических качеств.

**Уметь:**

Уметь проводить выбор элементов для схем рессорного подвешивания электроподвижного состава.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 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 №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	54	54
В том числе:		
Занятия лекционного типа	18	18
Занятия семинарского типа	36	36

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 198 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	<p>Дисциплина динамика подвижного состава.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выдающиеся учёные, занимающиеся вопросами динамики;</li> <li>- понятия и термины;</li> <li>- виды колебаний рельсового подвижного состава.</li> </ul>
2	<p>Виды колебаний и возмущений.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вертикальные, боковые (горизонтальные) и продольные колебания;</li> <li>- свободные колебания;</li> <li>- вынужденные колебания;</li> <li>- кинематические возмущения;</li> <li>- силовые возмущения;</li> <li>- параметрические возмущения.</li> </ul>
3	<p>Особенности уравнений боковых колебаний. Кинематическое описание процесса качения колёсной пары. Качение колёсной пары без проскальзывания. Динамическое описание процесса качения колёсной пары.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кинематическое описание процесса качения колёсной пары;</li> <li>- качение колёсной пары без проскальзывания;</li> <li>- динамическое описание процесса качения колёсной пары.</li> </ul>
4	<p>Модели рельсового подвижного состава.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- закон трения качения;</li> <li>- элементы упруго-вязких связей;</li> <li>- передаче вертикальной силы от колеса на рельс;</li> <li>- относительное перемещение колеса и рельса (проскальзывание).</li> </ul>
5	<p>Контакт колеса и рельсового пути.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- силы трения в зонах контакта;</li> <li>- силы псевдоскольжения;</li> <li>- силы крипа и спина.</li> </ul>
6	<p>Уравнения движения рельсового подвижного состава.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- колебания свободные и вынужденные рельсового подвижного состава;</li> <li>- извилистое движение колёсной пары и проверка устойчивости;</li> <li>- решение дифференциальных уравнений движения рельсового подвижного состава.</li> </ul>
7	<p>Случайные колебания рельсового подвижного состава.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследование колебаний при случайных возмущениях;</li> <li>- понятие о случайном процессе;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- свойства спектральной плотности.
8	Показатели качества механической части рельсового подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - понятие о качестве, показатели качества; - показатели виброзащиты; - показатели безопасности движения; - показатели плавности хода.
9	Выбор схем и параметров рессорного подвешивания рельсового подвижного состава. Методы оптимизации. Надёжность виброзащитных свойств. Показатели надёжности рельсового подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - методы оптимизации; - надёжность виброзащитных свойств; - показатели надёжности рельсового подвижного состава.

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Виды колебаний рельсового подвижного состава. Возмущения колебаний рельсового подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - а вертикальные, боковые (горизонтальные) и продольные колебания; - причины возникновения колебаний; - свободные и вынужденные колебания.
2	Одномассовая модель вертикальных колебаний рельсового подвижного состава. Создание расчётной схемы. Вывод уравнений колебаний. Рассматриваемые вопросы: - создание расчётной схемы; - вывод уравнений колебаний.
3	Двухмассовая модель вертикальных колебаний рельсового подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - создание расчётной схемы; - вывод уравнений колебаний.
4	Исследование одномассовой модели вертикальных колебаний рельсового подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - решение уравнений колебаний; - вычисление обобщенных силы инерции; - вычисление обобщенных сил от активных сил.
5	Исследование двухмассовая модели вертикальных колебаний рельсового подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - решение уравнений колебаний; - определение числа степеней свободы, равное числу дополнительных связей, которые нужно наложить на систему, чтобы сделать равным нулю все ее возможные скорости;

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выбох обобщенных координат;</li> <li>- выражение кинетической энергии системы через обобщённые скорости;</li> <li>- вычисление обобщенных сил инерции;</li> <li>- вычисление обобщенных активных сил.</li> </ul>
6	<p>Боковые колебания рельсового подвижного состава.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решение уравнений боковых колебаний;</li> <li>- колебания колёсной пары.</li> </ul>
7	<p>Исследование боковых колебаний рельсового подвижного состава.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решение колебаний колёсной пары;</li> <li>- задача оценки устойчивости движения рельсового экипажа и выбор таких значений параметров горизонтальных связей между его элементами, при которых критическая скорость движения будет значительно выше конструкционной.</li> </ul>

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Выполнение курсового проекта.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Исследование колебаний электроподвижного состава

Варианты

1) Тип рельсового транспортного средства 81-777. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 133 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3550$ ,  $c_{1y}=4550$ ,  $c_{2z}=5450$ ,  $c_{2y}=550$

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.  $m_K = 60,0$ ;

$m_T = 8,00$ ;

$J_{Kz} = 2045$ ;

$$J_{Kx} = 110;$$

$$J_{Tz} = 12,0;$$

$$J_{Tx} = 3,00$$

2) Тип рельсового транспортного средства 81-77. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 225 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3550$ ,  $c_{1y}=4550$ ,  $c_{2z}=5450$ ,  $c_{2y}=550$ ,

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.  $m_K = 61,3$ ;

$$m_T = 8,38;$$

$$J_{Kz} = 2058;$$

$$J_{Kx} = 119;$$

$$J_{Tz} = 12,7;$$

$$J_{Tx} = 3,12$$

3) Тип рельсового транспортного средства 81-775. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 225 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3550$ ,  $c_{1y}=4550$ ,  $c_{2z}=5450$ ,  $c_{2y}=550$ ,

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.  $m_K = 61,2$ ;

$$m_T = 8,37;$$

$$J_{Kz} = 2055;$$

$$J_{Kx} = 118;$$

$$J_{Tz} = 12,6;$$

$$J_{Tx} = 3,10$$

4) Тип рельсового транспортного средства 81-775. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 235 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3750$ ,  $c_{1y}=4150$ ,  
 $c_{2z}=5450$ ,  $c_{2y}=580$ ,

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.

$$m_K = 61,2;$$

$$m_T = 8,55;$$

$$J_{Kz} = 2060;$$

$$J_{Kx} = 118;$$

$$J_{Tz} = 12, \ddot{e};$$

$$J_{Tx} = 3,10$$

5) Тип рельсового транспортного средства 81-777. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 235 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3950$ ,  $c_{1y}=4050$ ,  
 $c_{2z}=5400$ ,  $c_{2y}=480$ ,

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.

$$m_K = 61,2;$$

$$m_T = 8,22;$$

$$J_{Kz} = 2060;$$

$$J_{Kx} = 112;$$

$$J_{Tz} = 12,3;$$

$$J_{Tx} = 3,10$$

$$J_{Tz} = 12,0;$$



$$J_{Tx} = 3,00$$

6) Тип рельсового транспортного средства 81-777. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 133 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3550$ ,  $c_{1y}=4550$ ,  
 $c_{2z}=5450$ ,  $c_{2y}=550$

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.  
 $m_K = 60,0$ ;

$$m_T = 8,00$$

$$J_{Kz} = 2045$$

$$J_{Kx} = 110$$

$$J_{Tz} = 12,0$$

$$J_{Tx} = 3,00$$

7) Тип рельсового транспортного средства 81-775. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 225 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3550$ ,  $c_{1y}=4550$ ,  
 $c_{2z}=5450$ ,  $c_{2y}=550$ ,

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.  
 $m_K = 61,3$ ;

$$m_T = 8,38$$

$$J_{Kz} = 2058$$

$$J_{Kx} = 119$$

$$J_{Tz} = 12,7$$

$$J_{Tx} = 3,12$$

8) Тип рельсового транспортного средства 81-775. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 225 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3550$ ,  $c_{1y}=4550$ ,

$$c_{2z}=5450, c_{2y}=550,$$

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.

$$m_K = 61,2;$$

$$m_T = 8,37;$$

$$J_{Kz} = 2055;$$

$$J_{Kx} = 118;$$

$$J_{Tz} = 12,2;$$

$$J_{Tx} = 3,10$$

9) Тип рельсового транспортного средства 81-775. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 235 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3750$ ,  $c_{1y}=4150$ ,

$$c_{2z}=5450, c_{2y}=560,$$

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.

$$m_K = 61,2;$$

$$m_T = 8,55;$$

$$J_{Kz} = 2260;$$

$$J_{Kx} = 114;$$

$$J_{Tz} = 11,7;$$

$$J_{Tx} = 3,10$$

10) Тип рельсового транспортного средства 81-776. Осевая формула 2-2. Конструкционная скорость, км/ч 90. Проектная нагрузка колёсной пары на рельс, кН 225 кН. Упруго-вязкие связи .  $c_{1z}=3950$ ,  $c_{1y}=4230$ ,

$$c_{2z}=5200, c_{2y}=480,$$

Инерционные характеристики входящих в модель рельсового транспортного средства тел массой  $m_n$ , т. и моментов инерции  $J_{ni}$ ,  $m_n$  тм<sup>2</sup>.  
 $m_K = 61,2$ ;

$$m_T = 8,22;$$

$$J_{Kz} = 2060;$$

$$J_{Kx} = 112;$$

$$J_{Tz} = 12,3;$$

$$J_{Tx} = 3,10$$

$$J_{Tz} = 12,0;$$

$$J_{Tx} = 3,00$$

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Механическая часть тягового подвижного состава И.В. Бирюков; А.Н. Савоськин; Г.П. Бурчак; Под ред. И.В. Бирюкова Однотомное издание Транспорт , 1992	НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)
2	Конспект лекций по дисц. "Динамика электроподвижного состава" (Глава 3. Случайные колебания) А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 2002	НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)

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

Научная электронная библиотека Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)); Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://window.edu.ru>) Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

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

Специализированная программа MatLab

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

1

Лекционная аудитория, оснащенная компьютером для преподавателя, видеопроектором и экраном.

2

Лаборатория исследования динамики подвижного состава со стендом для испытаний гидравлических гасителей колебаний, а так же стендом физического моделирования колебательных процессов экипажной части.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовой проект в 3 семестре.

Экзамен в 3 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.И. Поляков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭиЛ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

О.Е. Пудовиков

С.В. Володин