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 - программа специалитета
по специальности
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основы механики тягового подвижного состава

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Локомотивы

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 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5214
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег Евгеньевич
Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины «Основы механики тягового подвижного состава» являются:

– изучение и понимание студентами требований, предъявляемых к динамике и прочности подвижного состава (п.с.), которые являются основой его проектирования и эксплуатации;

– изучение динамических явлений, возникающих в рельсовом пути и п.с. при его движении по рельсовому пути, а также явлений, возникающие при взаимодействии подвижного состава с окружающей средой;

– изучение динамических явлений для правильного выбора схемы и параметров оборудования подвижного состава и, в частности, его виброзащитных устройств (рессорное подвешивание, горизонтальные, продольные и поперечные связи колесных пар с рамой тележки и тележки с кузовом, подвешивание тягового двигателя, тягового редуктора и т. п.), а также для снижения динамических сил, действующих на несущие элементы механической части и на железнодорожный путь, на электрическое и пневматическое оборудование подвижного состава и находящихся в нём людей;

– освоить как расчетные методы, так и современные методы проведения динамических и прочностных испытаний.

Задачами освоения учебной дисциплины «Основы механики тягового подвижного состава» являются:

– освоение знаний о целях изучения динамических явлений, вызываемых неровностями, всегда имеющимися на железнодорожном пути и бандажах колесных пар и проявляющими себя при движении подвижного состава по пути, понимания, что динамические явления не являются необходимыми для выполнения основной функции подвижного состава: обеспечения перевозочного процесса;

– освоение форм проявления динамических явлений в эксплуатации, их негативного влияния на прочность и функционирование механической и электрической части п.с., методов исследования и средств ограничения динамических явлений в эксплуатации;

– освоение студентами методов исследования свободных и вынужденных горизонтальных и вертикальных колебаний сложных моделей ПС;

– освоение студентами в зависимости от наличия элементов рессорного подвешивания и модели железнодорожного пути с линейными или

нелинейными характеристиками выбрать из изученных ими необходимый метод исследования свободных и вынужденных колебаний;

– освоение студентами методов исследования прочности и надежности несущих конструкций ПС;

– освоение навыков самостоятельной работы с научно-технической литературой по динамике и прочности ПС.

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 конструкций и систем тягового подвижного состава;

ПК-10 - Способен применять расчетные и экспериментальные методы при создании новых образцов техники.

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

Знать:

- методы оценки нагруженности элементов подвижного состава, основные динамические характеристики системы «подвижной состав – путь», методы исследования колебаний и устойчивости движения подвижного состава.

- основные принципы расчета прочности элементов подвижного состава, расчетные схемы основных деталей и узлов подвижного состава, методы их математического моделирования

Уметь:

- использовать информацию о новых и перспективных конструкциях тягового подвижного состава, выбирать из изученных методов необходимый метод исследования характеристик подвижного состава.

- исследовать динамику элементов подвижного состава и оценивать динамические качества и безопасность подвижного состава

Владеть:

- тягового подвижного состава, методами оценки динамических сил в элементах подвижного состава.

- методами оценки напряженного и деформированного состояния элементов подвижного состава, методами моделирования динамики и прочности

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 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	
		№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	144	64	80
В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	80	32	48

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 72 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	Способы оценки прочности и несущих деталей механической части подвижного состава. Способы оценки надежности несущих деталей механической части подвижного состава.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
2	Основы расчета деталей механической части подвижного состава на прочность. Способы определения напряжений в элементах конструкций по заданным нагрузкам.
3	Расчет статически неопределимых систем. Способы оценки прочности несущих деталей подвижного состава.
4	Характеристики усталостной прочности и способы ее повышения. Запас усталостной прочности и способы его оценки при детерминированных режимах нагружения.
5	Физические основы процесса разрушения металлов. Вероятностный характер их прочностных свойств металлов.
6	Расчеты на усталостную прочность при случайных режимах нагружения. Деление несущих деталей подвижного состава на группы (I и II) в зависимости от последствий их отказа.
7	Характеристики эксплуатационной нагруженности несущих деталей подвижного состава и учет их при расчетах усталостной прочности. Современные методы проведения динамических и прочностных испытаний и аппаратура, применяемая при этом.
8	Виды отказов несущих деталей подвижного состава. Прогнозирование надежности отказов несущих деталей подвижного состава.
9	Величина пробега до появления усталостных трещин. Снижение коэффициента запаса усталостной прочности ниже допустимой величины.
10	Виды колебаний и возмущений. Свободные и вынужденные колебания; возмущения, вызывающие колебания э.п.с.
11	Особенности уравнений боковых колебаний. Кинематическое описание процесса качения колесной пары без проскальзывания: вывод уравнений извилистого движение колесной пары, собственная частота и период колебаний, собственная пространственная частота, закон колебаний относа и виляния колесной пары, длина волны относа и виляния.
12	Качение колесной пары с проскальзыванием колес по рельсам. Скорости проскальзывания колес по рельсам; теория Ф.Картера; относительные продольные и поперечные скорости проскальзывания (крипы); спин.
13	Динамическое описание процесса качения колесной пары. Расчет нормальных реакций тележки; расчет нормальных реакций рельсов; поперечные и продольные реакции рельсов; определение гравитационной жесткости и гравитационной силы; определение гравитационного момента и угловой гравитационной жесткости; уравнения, описывающие извилистое движение колесной пары с учетом действующих на нее сил.
14	Силы крипа. Возникновение контактных напряжений в колесе и пятно контакта; условие Мизеса; определение сил крипа исходя из решения контактной задачи Ф. Картером; расчет максимального и минимального значений коэффициента крипа; теория взаимодействия колеса и рельса Дж. Калкера; определение коэффициентов продольного и поперечного крипа, коэффициента спина и коэффициент крипа, характеризующего взаимное влияние спина и поперечного крипа; расчет эффективной конусности профиля бандажа криволинейного очертания; расчет коэффициента увеличения скорости поперечного скольжения точки контакта за счет боковой качки колесной пары; корректировка суммарной силы крипа по нелинейной теории К.Л. Джонсона; суммарный крип; зависимость коэффициента сцепления от суммарной относительной скорости проскальзывания колеса.
15	Уравнения извилистого движения колесной пары и проверка устойчивости. Дифференциальные уравнения извилистого движения колесной пары с псевдоскольжением (крипом) и сравнение их с системой уравнений, описывающих свободные вертикальные колебания

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	двухмассовой системы; неустойчивое извилистое движение одиночной колесной пары; критическая скорость движения; соотношение критической и конструкционной скоростей движения.
16	Особенности боковых колебаний локомотивов. Набегание гребня бандажа на рельс; учет неровности пути в плане; учет поперечных реакции буксовых связей и момента от продольных реакций; определение боковой силы с учетом возможного набегания гребня бандажа на рельс; определение момента активных сил, вызывающих виляние тележки; учет опрокидывающего момента в уравнении боковой качки кузова; определение жесткости пружин рессорного подвешивания с учетом запаса от опрокидывания кузова.
17	Выбор модели пути. Абсолютно жесткий путь; безынерционный неравноупругий путь; дискретный упруго-вязкий путь; континуальная модель пути; частотная характеристика прогиба пути при действии единичной гармонической силы; расчет вещественной и мнимой составляющих частотной характеристики прогиба пути; функция спектральной плотности возмущения.
18	Случайные колебания. Постановка задачи; понятие о случайном процессе и его характеристиках; реализация случайного процесса; математическое ожидание; дисперсия; автокорреляционная и взаимная корреляционные функции и их нормирование; понятие о стационарном процессе; эргодический стационарный процесс.
19	Свойства корреляционных функций. Типовые графики и выражения автокорреляционной и взаимной корреляционной функций; корреляционная функция гармонического сигнала со случайной фазой.
20	Спектральная плотность случайных процессов. Определение спектральной плотности случайных процессов; свойства спектральной плотности; односторонняя и двусторонняя спектральные плотности; «белый шум»; графики корреляционных функций и спектральных плотностей, построенные при различных значениях степени затухания.
21	Взаимная спектральная плотность. Определение взаимной спектральной плотности; вещественная (синфазная), мнимая (квадратурная), амплитудная и фазовая составляющая взаимной спектральной плотности; функция когерентности; моменты и характеристики спектральной плотности; расчет эффективной частоты случайного процесса; расчет коэффициента широкополосности случайного процесса; определение ширины функции спектральной плотности.
22	Понятия о максимумах (минимумах) случайного процесса. Абсолютный и локальные максимумы (минимумы); законы распределения абсолютных максимумов; определение среднего значения абсолютного максимума по формуле Крамера.
23	Определение реакции линейной динамической системы на случайное возмущение. Задание вектора возмущений; определение комплексного случайного спектра выходных процессов; установиление связи между спектральными плотностями входа и выхода; решение задачи идентификации динамической системы.
24	Показатели качества механической части э.п.с. Понятие о качестве, показатели качества; разделение показателей качества на 11 основных групп; общие для механической части и локомотива в целом показатели качества.
25	Специфические для механической части показатели качества. Показатели динамических качеств (ПДК): показатели виброзащиты тягового подвижного состава; показатели безопасности движения; плавность хода.
26	Способы выбора схем и параметров рессорного подвешивания рельсовых экипажей. Влияние параметров рессорного подвешивания на показатели качества; многокритериальная оптимизация параметров рессорного подвешивания; расчет целевой функции в виде функции суммарных допустимых потерь, описывающая условия компромисса.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
27	Оптимизация параметров рессорного подвешивания по минимуму интенсивности выбросов показателей качества за допустимую область Расчет целевой функции в виде суммарной интенсивности выбросов случайного процесса за допустимую область; примеры решения задач оптимизации.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование горизонтальных колебаний и устойчивости движения одиночной колесной пары без учета набегания гребней бандажей на внутреннюю поверхность головок рельсов – анализ конструкции исследуемого экипажа и определение параметров одиночной колесной пары; – разработка механо-математической модели горизонтальных колебаний одиночной колесной пары без учета набегания гребней бандажей на внутреннюю поверхность головок рельсов; – составление дифференциальных уравнений горизонтальных колебаний одиночной колесной пары; – анализ полученных результатов расчетов по исследованию устойчивости движения одиночной колесной пары.
2	Исследование горизонтальных колебаний и устойчивости движения одиночной колесной пары с учетом набегания гребней бандажей на внутреннюю поверхность головок рельсов. – разработка механо-математической модели одиночной колесной пары с учетом набегания гребней бандажей на внутреннюю поверхность головок рельсов; – составление дифференциальных уравнений горизонтальных колебаний одиночной колесной пары; – анализ полученных результатов расчетов по исследованию устойчивости движения одиночной колесной пары с учетом набегания гребней бандажей на внутреннюю поверхность головок рельсов.
3	Исследование горизонтальных колебаний и устойчивости движения одиночной тележки подвижного состава без учета ее связей с кузовом. – анализ конструкции исследуемого экипажа и определение параметров одиночной тележки; – разработка механо-математической модели горизонтальных колебаний одиночной тележки без учета ее связей с кузовом; – составление дифференциальных уравнений горизонтальных колебаний одиночной тележки; – анализ полученных результатов расчетов; определение критической скорости движения одиночной тележки без учета ее связей с кузовом.
4	Исследование горизонтальных колебаний и устойчивости движения одиночной тележки подвижного состава с учетом ее связей с кузовом. – разработка механо-математической модели горизонтальных колебаний одиночной тележки с учетом ее связей с кузовом; – составление дифференциальных уравнений горизонтальных колебаний одиночной тележки; – анализ полученных результатов расчетов; определение критической скорости движения одиночной тележки с учетом ее связей с кузовом.
5	Определение геометрических параметров рамы тележки. – анализ конструкции тележки исследуемого экипажа соответствии с заданием и рабочими чертежами тележки; – определение основных размеров рамы тележки.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
6	Расчет вертикальных статических сил, действующих на раму тележки – расчет масс элементов конструкции тележки; определение полной массы тележки; – расчет массы кузова исходя из заданной нагрузки на ось и рассчитанной полной масы тележки; – составление весовой ведомости.
7	Разработка схемы сил, действующих на раму тележки. – разработка схемы нагружения рамы тележки; – расчет действующий на раму тележки вертикальных сил в соответствии с ее конструкцией и классом тягового привода.
8	Подготовка к расчету рамы тележки на прочность при действии вертикальной статической нагрузки. – определение моментов инерции поперечных сечений балок рамы тележки; – построение грузовой и единичных эпюр изгибающих и крутящих моментов; – определение коэффициентов и свободных членов системы уравнений метода сил; – проверка правильности нахождения коэффициентов системы уравнений метода сил.
9	Расчет рамы тележки на прочность при действии вертикальной статической нагрузки. – определение неизвестных метода сил путем решения системы уравнений; – перестройка эпюр от единичных воздействий; – построение суммарной эпюры изгибающих и крутящих моментов.
10	Анализ результатов расчета рамы тележки на прочность при действии вертикальной статической нагрузки. – анализ суммарных эпюр изгибающих и крутящих моментов; определение опасных сечений; – расчет нормальных, касательных и эквивалентных напряжений в опасных сечениях; сравнение с допускаемыми значениями.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Постановка целей и задач курса практических занятий. Рассматриваемые вопросы: - разработка механо-математических моделей тягового подвижного состава (ТПС).
2	Общие понятия о колебаниях. Рассматриваемые вопросы: - общие понятия о колебаниях движущегося ТПС; - принципы составления кинематических схем
3	Упругие и диссипативные элементы рессорного подвешивания ТПС. Рассматриваемые вопросы: - расчет упругих и диссипативных сил элементов рессорного подвешивания.
4	Разработка механо-математической модели одноосного экипажа с двумя степенямыи свободы. Рассматриваемые вопросы: - разработка механо-математической модели одноосного экипажа с двумя степенями свободы; - составление уравнений вертикальных колебаний.
5	Механо-математическая модель плоского двухосного экипажа Рассматриваемые вопросы: - разработка механо-математической модели плоского двухосного экипажа; - составление уравнений вертикальных колебаний.
6	Пространственная механо-математическая модель экипажа Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- разработка пространственной механо-математической модели экипажа для исследования горизонтальных колебаний; - составление уравнений горизонтальных колебаний.
7	Сложные механо-математические модели Рассматриваемые вопросы: - разработка сложных механо-математических моделей ТПС для исследования вынужденных вертикальных колебаний.
8	Сложные механо-математические модели ТПС Рассматриваемые вопросы: - разработка сложных механо-математических моделей ТПС для исследования вынужденных горизонтальных колебаний

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Работа с лекционным материалом, с литературой, самостоятельное изучение разделов тем.
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Выбор параметров рессорного подвешивания подвижного состава».

Работа предусматривает выполнение следующих этапов:

4.4.1. Разработка кинематической схемы подвижного состава заданного типа и заданной осевой формулы для вертикальных колебаний.

4.4.2. Составление в соответствии с заданием уравнений вертикальных колебаний заданной модели.

4.4.3. Определение исходных параметров рессорного подвешивания заданной модели.

4.4.4. Оптимизация параметров рессорного подвешивания подвижного состава.

4.4.5. Расчеты случайных вертикальных колебаний моделей подвижного состава.

4.4.6. Амплитудный (спектральный) анализ обобщенных координат, описывающих свободные и вынужденные колебания.

4.4.7. Анализ графиков амплитудных и фазовых частотных характеристик, а также спектральных плотностей возмущений и обобщенных координат, описывающих вынужденные вертикальные случайные колебания

заданного типа подвижного состава с исходными и оптимальными параметрами рессорного подвешивания.

4.4.8. Анализ графиков зависимостей от скорости движения величин ПДК подвижного состава при вертикальных колебаниях и определение максимально допустимой скорости движения.

4.4.9. Выводы.

4.4.10. Список используемой литературы.

Варианты заданий

1)

1. Вид колебаний: горизонтальные

2. Тип подвижного состава: электровоз

3. Осевая формула: 3о – 3о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 175 км/ч

2)

1. Вид колебаний: вертикальные

2. Тип подвижного состава: электропоезд

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 125 км/ч

3)

1. Вид колебаний: горизонтальные

2. Тип подвижного состава: электровоз

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 140 км/ч

4)

1. Вид колебаний: вертикальные

2. Тип подвижного состава: вагон метро

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 95 км/ч

5)

1. Вид колебаний: горизонтальные

2. Тип подвижного состава: электровоз

3. Осевая формула: 3о – 3о

4. Класс тягового привода: I

5. Конструкционная скорость: 80 км/ч

6)

1. Вид колебаний: вертикальные

2. Тип подвижного состава: вагон метро

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 125 км/ч

7)

1. Вид колебаний: вертикальные

2. Тип подвижного состава: вагон метро

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 125 км/ч

8)

1. Вид колебаний: вертикальные

2. Тип подвижного состава: электровоз

3. Осевая формула: 2о – 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 235 км/ч

9)

1. Вид колебаний: горизонтальные

2. Тип подвижного состава: электропоезд

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 180 км/ч

10)

1. Вид колебаний: вертикальные

2. Тип подвижного состава: электровоз

3. Осевая формула: 2о – 2о

4. Класс тягового привода: II

5. Конструкционная скорость: 165 км/ч

6)

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Доронина, И. И. Механическая часть электроподвижного состава : учебное пособие / И. И. Доронина, В. В. Трофимович, М. В. Яранцев. — Хабаровск : ДВГУПС, 2021. — 122 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система	https://e.lanbook.com/book/259403 (дата обращения: 19.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Практикум к самостоятельной работе студентов на практических занятиях по дисциплине «Динамика подвижного состава» : учебное пособие / И. И. Галиев, В. А. Николаев, А. Н. Смалев [и др.]. — Омск : ОмГУПС, 2023. — 38 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/419456 (дата обращения: 13.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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».

Поисковые системы: Yandex, Rambler, Mail

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

Система автоматизированного проектирования Компас.
Специализированная программа MathCAD
Специализированная программа MATLAB

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

Для проведения лекционных занятий необходима специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

Для проведения лабораторных занятий необходим компьютерный класс со специализированным программным обеспечением и подключением к сетям INTERNET

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.
Курсовая работа в 7 семестре.
Экзамен в 7 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

доцент, доцент, к.н. кафедры
«Электропоезда и локомотивы» П.С. Григорьев

Н.И. Долгачев

профессор, профессор, к.н. кафедры
«Электропоезда и локомотивы» Е.К. Рыбников

профессор, профессор, д.н. кафедры
«Электропоезда и локомотивы» А.Н. Савоськин

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭиЛ О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии Н.А. Андриянова