МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
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: Инжиниринг подвижного состава высокоскоростных железнодорожных магистралей

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: 10.11.2026

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 - Способен выполнять обоснование параметров конструкции и систем подвижного состава ВСМ;

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

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:

навыками применения типовых расчетных методов обоснования параметров 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 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 №6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	48	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 64 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	Виды колебаний и возмущений. Особенности уравнений боковых колебаний. - Свободные и вынужденные колебания; возмущения, вызывающие колебания э.п.с. - Кинематическое описание процесса качения колесной пары без проскальзывания: вывод уравнений извилистого движение колесной пары, собственная частота и период колебаний,

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	собственная пространственная частота, закон колебаний относа и виляния колесной пары, длина волны относа и виляния.
2	Качение колесной пары с проскальзыванием колес по рельсам. Динамическое описание процесса качения колесной пары. - Скорости проскальзывания колес по рельсам; теория Ф.Картера; относительные продольные и поперечные скорости проскальзывания (крипы); спин. - 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.
3	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.
4	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 двухмассовой системы; неустойчивое извилистое движение одиночной колесной пары; критическая скорость движения; соотношение критической и конструкционной скоростей движения.
5	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.
6	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.
7	Случайные колебания. Свойства корреляционных функций. - 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. - Типовые графики и выражения автокорреляционной и взаимной корреляционной функций; корреляционная функция гармонического сигнала со случайной фазой.
8	Спектральная плотность случайных процессов. Взаимная спектральная плотность. - 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.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- 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.
9	Понятия о максимумах (минимумах) случайного процесса. Определение реакции линейной динамической системы на случайное возмущение. - Абсолютный и локальные максимумы (минимумы); законы распределения абсолютных максимумов; определение среднего значения абсолютного максимума по формуле Крамера. - Задание вектора возмущений; определение комплексного случайного спектра выходных процессов; установиление связи между спектральными плотностями входа и выхода; решение задачи идентификации динамической системы.
10	Показатели качества механической части э.п.с. Специфические для механической части показатели качества. - Понятие о качестве, показатели качества; разделение показателей качества на 11 основных групп; общие для механической части и локомотива в целом показатели качества. - Показатели динамических качеств (ПДК): показатели виброзащиты тягового подвижного состава; показатели безопасности движения; плавность хода.
11	Способы выбора схем и параметров рессорного подвешивания рельсовых экипажей. Оптимизация параметров рессорного подвешивания по минимуму интенсивности выбросов показателей качества за допустимую область . - Влияние параметров рессорного подвешивания на показатели качества; многокритериальная оптимизация параметров рессорного подвешивания; расчет целевой функции в виде функции суммарных допустимых потерь, описывающая условия компромисса. - Расчет целевой функции в виде суммарной интенсивности выбросов случайного процесса за допустимую область; примеры решения задач оптимизации.
12	Основы расчета деталей механической части подвижного состава на прочность. Расчет статически неопределимых систем. - Способы определения напряжений в элементах конструкций по заданным нагрузкам. - Способы оценки прочности несущих деталей подвижного состава.
13	Характеристики усталостной прочности и способы ее повышения. Физические основы процесса разрушения металлов. - Запас усталостной прочности и способы его оценки при детерминированных режимах нагружения. - Вероятностный характер их прочностных свойств.
14	Расчеты на усталостную прочность при случайных режимах нагружения. Деление несущих деталей подвижного состава на группы (I и II) в зависимости от последствий их отказа.
15	Характеристики эксплуатационной нагруженности несущих деталей подвижного состава и учет их при расчетах усталостной прочности. Виды отказов несущих деталей подвижного состава. - Современные методы проведения динамических и прочностных испытаний и аппаратура, применяемая при этом.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Прогнозирование надежности несущих деталей.
16	Величина пробега до появления усталостных трещин. Снижение коэффициента запаса усталостной прочности ниже допустимой величины.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование горизонтальных колебаний и устойчивости движения одиночной тележки подвижного состава. – анализ конструкции исследуемого экипажа и определение его параметров; – разработка механо-математической модели динамической системы экипаж-путь и составление уравнений колебаний; – составление матрицы коэффициентов дифференциальных уравнений; – анализ полученных результатов расчетов; определение критической скорости движения.
2	Расчет рамы тележки на прочность при действии вертикальной статической нагрузки. – определение основных размеров рамы тележки; – расчет массы кузова и тележки; составление весовой ведомости. – разработка схемы нагружения рамы тележки и расчет действующий на нее вертикальных сил; – расчет рамы тележки на прочность методом сил 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.
3	Исследование свободных и вынужденных вертикальных колебаний подрессоренных масс экипажа. - составление расчетной схемы и уравнений вертикальных колебаний одноосного и двухосного экипажа при кинематическом возмущении от пути; - определение собственных частот и форм колебаний подрессоренных масс; - расчет амплитудно-частотных характеристик системы "экипаж - путь"; - анализ влияния параметров рессорного подвешивания на динамические качества экипажа.
4	Определение характеристик упругих и диссипативных элементов рессорного подвешивания. - расчет жесткости и статического прогиба винтовых цилиндрических пружин; - расчет характеристик фрикционных и гидравлических гасителей колебаний; - проверочный расчет пружин на прочность и устойчивость; - подбор параметров рессорного подвешивания по допустимому уровню ускорений кузова.
5	Спектральный анализ случайных колебаний подвижного состава и оценка показателей динамических качеств. - построение корреляционных функций и спектральных плотностей возмущений от пути; - расчет спектральных плотностей обобщенных координат экипажа при случайном возмущении; - определение дисперсий, эффективных частот и коэффициентов широкополосности случайных процессов; - расчет показателей динамических качеств: показателей виброзащиты и плавности хода.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
6	Расчет запаса усталостной прочности несущей детали подвижного состава при случайном режиме нагружения. - построение функции распределения амплитуд напряжений в опасном сечении детали; - расчет характеристик усталостной прочности и коэффициента снижения предела выносливости; - расчет коэффициента запаса усталостной прочности при случайном режиме нагружения; - анализ влияния эксплуатационной нагруженности на долговечность детали.

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 степенями 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: - 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

№ п/п	Вид самостоятельной работы
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

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Подвижной состав железных дорог / П. С. Анисимов, В. А. Винокуров, В. И. Воробьев [и др.] ; под общ. ред. Б. А. Лёвина, П. С. Анисимова.	https://e.lanbook.com/book/793 (ЭБС «Лань»)
2	Цывильский, В. Л. Теоретическая механика : учебник / В. Л. Цывильский	https://znanium.ru/catalog/document?id=470624

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://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 и практических занятий необходим компьютерный класс со специализированным программным обеспечением и подключением к сетям INTERNET

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 6 семестре.

Экзамен в 6 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
«««Тяговый подвижной состав
железных дорог» » Института
железнодорожного транспорта А.П. Васильев

доцент, доцент, к.н. кафедры
«««Тяговый подвижной состав
железных дорог» » Института
железнодорожного транспорта П.С. Григорьев

Н.И. Долгачев

Е.К. Рыбников

профессор, профессор, д.н. кафедры
«««Тяговый подвижной состав
железных дорог» » Института
железнодорожного транспорта А.Н. Савоськин

Согласовано:

Директор О.Н. Покусаев

Заведующий кафедрой ТПСЖД О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии Д.В. Паринов