

**МПС РОССИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

12/10/4

Одобрено кафедрой  
«Локомотивы и  
локомотивное хозяйство»

Утверждено деканом  
факультета  
«Транспортные средства»

# **ДИНАМИКА ЭПС**

Рабочая программа  
для студентов V курса

специальности

**180700. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ  
(ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (ЭПС)**



Москва - 2002

Рабочая программа составлена на основе программы по дисциплине «Динамика электрического подвижного состава железных дорог», разработанной кафедрой «Электрическая тяга» МГУПСа, в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 180700.

Составитель: канд. техн. наук, проф. В.А. РАМЛОВ

Рецензент: канд. техн. наук, проф. А.П. БОРОДИН

Курс — V

Всего часов — 100 ч

Лекционные занятия — 8 ч

Лабораторные занятия — 15 ч

Контрольная работа — 1(количество)

Самостоятельная работа — 62 ч

Зачет — 1(количество)

Экзамен — 1(количество)

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом изучения в дисциплине «Динамика электрического подвижного состава железных дорог» являются динамические явления, возникающие в ЭПС при его взаимодействии с рельсовым путем и прицепным подвижным составом. Изучение таких явлений необходимо для правильного выбора схемы и параметров оборудования ЭПС, и в частности 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, на оборудование ЭПС, на находящихся на нем людей, а также на железнодорожный путь.

В связи с изменением в эксплуатации параметров и даже свойств некоторых элементов механической части из-за старения и износа важное значение имеет обеспечение требуемого уровня виброзащиты ЭПС в течение межремонтного пробега. Это необходимо для уменьшения объемов ремонта ЭПС и обеспечения безопасности его движения.

Для исследования динамики широко применяют расчеты на ЭВМ и испытания отдельных элементов и в целом подвижного состава. Поэтому в курсе рассматриваются как расчетные методы, так и современные методы проведения динамических испытаний, а также аппаратура, применяемая при этом.

Целью преподавания дисциплины является изучение:

а) конструктивных особенностей и параметров механической части ЭПС, влияющих на динамические процессы при движении экипажа;

б) способов математического описания динамических явлений, возникающих в ЭПС и методов их расчета;

в) способов оценки показателей динамических качеств (ПДК) механической части ЭПС, характеризующих степень защиты от действия вибраций пути, самого ЭПС, локомотивных бригад и пассажиров, а также безопасность движения ЭПС по рельсовому пути;

г) методов выбора схемы и параметров механической части ЭПС.

Настоящая дисциплина использует методы описания статики и динамики механических систем, изучаемых в курсе «Теоретическая механика», а также способы решения соответствующих уравнений при детерминированных и стохастических воздействиях, излагаемые в курсе «Высшая математика». Кроме того, здесь используются сведения о конструкциях и параметрах механической части ЭПС из курса «Электрические железные дороги».

Сведения о динамических силах, действующих на несущие элементы, будут использованы для расчета напряженного состояния этих элементов в курсе «Механическая часть ЭПС».

Учет явлений старения и износа отдельных элементов механической части, приводящих к ухудшению ПДК, служит основой для выбора способов технического обслуживания и ремонта механической части, рассматриваемых в дисциплине «Эксплуатация и ремонт ЭПС».

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

*Изучив дисциплину, студент должен:*

1.2.1. Знать причины возникновения динамических явлений в механической части ЭПС, способы их описания, методы выбора схем и параметров механической части на основе оценки ее показателей динамических качеств ;

1.2.2. Уметь выполнять с применением ЭВМ расчеты динамики механической части, разрабатывать способы ее модернизации;

1.2.3. Иметь представление:

— о влиянии старения и износа отдельных элементов механической части на безотказное выполнение ее виброзащитных функций;

— о современных методах динамических испытаний и аппаратуре, применяемой при таких испытаниях.

### **1.3. Порядок изучения дисциплины**

Дисциплина изучается студентами специальности «Электрический транспорт (железнодорожный транспорт)» при заочной форме обучения на V курсе. Освоение дисциплины можно начинать, используя ссылки на учебную литературу в тексте рабочей программы. Лекционный курс носит обзорный характер с углубленной проработкой лишь некоторой части основных вопросов, и вследствие своей краткости недостаточен для изучения дисциплины в целом. При выполнении контрольной работы достаточно пользоваться заданием с методическими указаниями и указанной в нем литературой.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Введение**

Предмет курса «Динамика ЭПС». Необходимость исследования динамических свойств ЭПС при совершенствовании его конструкции. Круг задач, рассматриваемых в курсе «Динамика ЭПС».

### **2.2. Электроподвижной состав как электромеханическая система**

2.2.1. ЭПС как объект изучения. Основные узлы механической части тягового подвижного состава и их эволюция. Взаимодействие узлов механической части. Обзор парка ЭПС. Классификация ЭПС. [1, § 1.1., § 1.2].

2.2.2. Явления, возникающие при движении ЭПС.

Квазистатический, установившийся режим движения. Реализация силы тяги при абсолютно твердых колесах и рель-



се. Учет деформации колеса и рельса при реализации силы тяги. Явление крипа. Реализация силы тяги при трогании и разгоне поезда. Условия срыва сцепления.

Динамические явления в ЭПС, сопровождающиеся колебательными процессами, возникающими из-за взаимодействия ЭПС с реальной средой. Влияние динамических явлений на процесс функционирования ЭПС: изменение силы тяги, нагруженности элементов ЭПС и пути повышения износа, вредное взаимодействие на организм человека. Ухудшение работоспособности ЭПС вследствие динамических явлений.

Способы исследования динамических процессов, возникающих в ЭПС.

Представление ЭПС в виде динамической системы с конечным числом степеней свободы. Понятие об элементах соединений — связях. Математические (динамические) модели ЭПС.

Примеры составления упрощенных моделей ЭПС в виде систем с одной и двумя степенями свободы. Динамическая модель двухосной тележки с индивидуальным тяговым приводом 1 класса, связь в этой модели вертикальных перемещений центров букс с крутильными колебаниями остовов и якорей тяговых двигателей. [1, § 2.1].

### *2.2.3. Характеристики связей*

Классификация связей по статическим (силовым) характеристикам. Линейные и нелинейные силовые характеристики, мягкие и жесткие характеристики. Нелинейные однозначные непрерывные и кусочно-линейные характеристики; разрывные и неоднозначные характеристики.

Упругие и диссипативные элементы соединений. Фрикционные и гидравлические гасители колебаний. Упруго-диссипативные элементы. Параллельное и последовательно-параллельное включение пружин и фрикционного гасителя колебаний. Фрикционный гаситель с силой трения, пропорциональной перемещению, и листовая рессора. Параллель-

ное и последовательно-параллельное включение пружин и гидравлического гасителя колебаний. Понятие о динамической жесткости связи.

Пневматические рессоры и пневматические гасители колебаний. Влияние дополнительного резервуара на характеристики пневморессоры. Демпфирование колебаний в пневморессорах за счет сопротивления перетеканию воздуха в дроссельных устройствах. [1, § 2.2].

#### *2.2.4. Рессорное подвешивание*

Устройство и назначение рессорного подвешивания. Схемы рессорного подвешивания. Понятие о точке подвешивания. Обеспечение устойчивости надрессорного строения за счет конструкции рессор, межтележечных соединений, связей кузова с тележками (1, § 6.1).

### **2.3. Методы исследования линейных колебаний ЭПС**

#### *2.3.1. Методика составления уравнений колебаний*

Применение методов аналитической механики (уравнения Лагранжа II рода и принципа Даламбера) для составления уравнений движения. Определение обобщенных сил на основе понятий возможной мощности и обобщенной скорости.

Исследования колебаний в линейных системах. Матричная форма записи уравнений малых колебаний ЭПС как динамических систем с конечным числом степеней свободы [1, § 2. 4].

#### *2.3.2. Свободные колебания*

Свободные колебания системы с одной степенью свободы; собственная частота колебаний, относительное и критическое затухания, степень затухания, частота свободных колебаний. Закон свободного движения системы с одной степенью свободы. Логарифмический декремент колебаний.

Свободные колебания ЭПС как системы с конечным числом степеней свободы [1, § 2.4].

### *2.3.3. Применение понятий теории устойчивости к исследованию задач равновесия и движения ЭПС*

Устойчивость как свойство системы оставаться вблизи исходного состояния равновесия и возвращаться в это состояние после того, как она была из него выведена.

Устойчивость равновесия. Условия асимптотической устойчивости. Минимум потенциальной энергии — достаточные условия Ж.Л.Лагранжа устойчивого равновесия консервативной системы. Определение наибольшего суммарного статического прогиба или минимальной допустимой жесткости рессорного подвешивания, обеспечивающих устойчивость равновесия кузова.

Понятие об устойчивости движения. Условия устойчивости Ляпунова. Алгебраический критерий устойчивости и пример его применения [1, § 2.5].

### *2.3.4. Вынужденные колебания*

Возмущение, вызывающее вынужденные колебания. Кинематические, тепловые и параметрические возмущения, способы их задания и области применения. Усредненные геометрические неровности, обусловленные просадкой стыков. Эксцентриситет и овальность неровностей колес по кругу катания. Волнообразный износ. Эквивалентная геометрическая неровность пути как основное возмущение, вызывающее вынужденные колебания.

Определение установившихся вынужденных колебаний линейной динамической системы при гармоническом возмущении на основе ее частотных характеристик. Частотная характеристика как реакция динамической системы на единичное гармоническое возмущение. Расчет установившейся реакции системы на произвольное возмущение с использованием частотных характеристик. Матричная форма записи выражений для частотных характеристик и реакций системы при кинематическом и силовом возмущении. Использование преобразования Фурье для отыскания установившихся вынужденных колебаний линейной динамичес-



кой системы при гармоническом возмущении. Понятие о спектрах Фурье.

Исследование неустановившихся колебаний. Применение преобразования Лапласа [1, § 2.4].

### *2.3.5. Колебания ЭПС при случайных возмущениях*

Эквивалентная геометрическая неровность пути как случайное возмущение. Постановка задачи исследования колебаний ЭПС при случайных возмущениях как задачи определения некоторых усредненных характеристик выходных процессов динамической системы.

Понятие о случайном процессе и его реализации. Одномерная и многомерные плотности вероятностей случайных процессов. Характеристики случайных процессов: математическое ожидание, дисперсия, авто- и взаимная корреляционные функции. Стационарные и нестационарные случайные процессы. Эргодические и неэргодические случайные процессы. Спектральная плотность стационарного случайного процесса.

Свойства корреляционных функций. Корреляционная функция синусоидального сигнала со случайной фазой. Свойства спектральной плотности. Эффективная частота и коэффициент широкополосности. Взаимная спектральная плотность и ее представление через вещественную и мнимую или амплитудную и фазовую составляющие. Функция когерентности.

Определение реакции на стационарное случайное возмущение. Вычисление спектральной плотности реакции и взаимной спектральной плотности между воздействием и реакцией системы. Решение задачи идентификации системы — определения параметров системы по записям процессов на ее входе и выходе [1, § 2.6].

## **2.4. Определение показателей динамических качеств ЭПС**

### *2.4.1. Понятие о качестве и показателях качества*

Понятие о качестве ЭПС. Качество, как неотъемлемая от объекта совокупность признаков, выражающая его спе-

цифику и отличие от других объектов и явлений, обуславливающая пригодность объектов удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением. Деление показателей качества на группы и подгруппы.

Показатели назначения, классификационные, функциональные и технической эффективности, конструктивные, состава и структуры. Показатели виброзащиты механической части как специфические показатели назначения, оценивающие степень защиты пути, а также самого ЭПС от вибраций.

Показатели безопасности: физические, химические, биологические и психофизиологические. Способы обеспечения безопасности пассажиров, локомотивных бригад и обслуживающего персонала на стоянках (посадка, высадка), при техническом обслуживании и ремонте, а также при движении ЭПС в нормальных и аварийных условиях. Специальные показатели безопасности движения, характеризующие условия обеспечения безаварийного движения по рельсовой колее.

Показатели экономического использования сырья, материалов и топлива, их роль при выборе схемы и параметров механической части.

Эргономические показатели, характеризующие систему человек-изделие: гигиенические, антропометрические, физиологические и психофизиологические, а также психологические показатели. Показатели плавности хода механической части как гигиенические показатели, характеризующие воздействие вибраций на организм человека.

Эстетические и технологические показатели; показатели транспортабельности, стандартизации и унификации, патентно-правовые и экологические. ЭПС как наиболее экологически чистый тип подвижного состава железных дорог.

Изменение показателей качества объекта в эксплуатации. Понятие о надежности как одном из показателей качества, проявляющемся во времени и отражающем изменения показателей качества объекта на протяжении всего времени эксплуатации, а также изменчивость свойств объекта, свя-

занную с разбросом характеристик исходных материалов, с отклонениями в технологии изготовления и разбросом характеристик внешних нагрузок, действующих на объект.

Деление показателей качества на классы. Первый класс — показатели, общие для механической части и ЭПС в целом как единого технического объекта. Второй класс — специфические показатели качества механической части, учитывающие ее основные особенности, которые выделяют механическую часть из других составных частей ЭПС. Специфические показатели характеризуют нормальные условия движения ЭПС по рельсовому пути — показатели динамических качеств (ПДК). Показатели виброзащиты, безопасности движения и плавности хода как показатели динамических качеств.

Экономические аспекты повышения качества. Связь показателей качества и экономических показателей производства и эксплуатации технических объектов [I, § 1.3].

#### *2.4.2. Общие показатели качества механической части*

Массогабаритные показатели: вместимость и планировка кузова; габаритные ограничения; показатель равномерности распределения всех действующих сил на колесные пары; коэффициент использования сцепного веса.

Требования показателей безопасности и эргономических показателей качества к конструкции и компоновке основных узлов ЭПС, их кузовов, и в особенности кабин машиниста [I, § 1.3, 6.1].

#### *2.4.3. Показатели динамических качеств механической части ЭПС*

Показатели виброзащиты: максимальные значения ускорений, перемещений, коэффициентов динамики и коэффициентов запаса конструктивного прогиба пружин. Допустимые значения показателей виброзащиты.

Показатели безопасности движения ЭПС: устойчивость колеса против схода с рельсов, устойчивость пути против сдвига в плане, устойчивость пути по ширине колеи, попе-



речная устойчивость экипажа от опрокидывания в кривой, прочность рельсов и ходовых частей. Способы оценки и допустимые значения показателей безопасности движения.

Показатели плавности хода для переходных и установленных режимов движения: максимальная величина третьей производной, непогашенное ускорение, коэффициент плавности хода, время утомляемости. Способы оценки и допустимые значения показателей плавности хода. Понятие о способах оценки вибраций на рабочих местах локомотивных бригад, а также в салонах вагонов электропоездов и метрополитена [I, § 2.3].

#### *2.4.4. Способы оценки показателей динамических качеств ЭПС с учетом случайного характера колебаний*

Оценка показателей виброзащиты по утроенному стандарту и по среднему значению абсолютного максимума. Взаимосвязь плотностей вероятностей мгновенных значений, локальных и абсолютных максимумов случайного процесса. Приближенная формула для определения среднего значения абсолютного максимума и ее взаимосвязь с методикой обработки экспериментальных данных, применявшейся при назначении нормативных величин показателей виброзащиты.

Оценка показателей безопасности движения и плавности хода [I, § 3.1].

### **2.5. Исследование динамики ЭПС на упрощенных математических моделях**

#### *2.5.1. Колебания ЭПС как системы с ограниченным числом степеней свободы*

Частотные характеристики линейной системы с одной степенью свободы при кинематическом и силовом возмущении. Определение ПДК при детерминированном и случайном возмущении. Примеры системы с нелинейной жесткостью и с сухим трением. Обоснование требований к параметрам подвешивания при кинематическом и силовом



возмущениях. Одноосные модели ЭПС. Особенности частотных характеристик для системы с двумя степенями свободы. Определение ПДК подпрыгивания отдельных тел.

Модель двухосного экипажа. Влияние запаздывания в передаче возмущения на вид частотных характеристик. Использование этой модели для определения ПДК тележки [I, § 4.1].

### *2.5.2. Движение одиночной колесной пары*

Дифференциальное уравнение движения колесной пары, упруго закрепленной в тележке. Выражения сил реакций рельсов на основе гипотезы псевдоскольжения. Понятие об эффективной коничности. Исследование устойчивости движения колесной пары и определение критической скорости движения. Особенности возмущенного движения колесной пары на основе численного интегрирования нелинейной системы уравнений [I, § 5.1, 5.2].

### *2.5.3. Динамические процессы, возникающие при изменении режима движения поезда*

Дифференциальные уравнения движения поезда при изменении режима тяги (электрического торможения). Приближенное решение для определения законов изменения линейной и угловой скорости колесной пары. Электрические и механические переходные процессы при срыве и восстановлении сцепления колесной пары с рельсом [I, гл.6].

### *2.6. Характеристики моделей пути и возмущений, применяемых при расчетах колебаний ЭПС*

Модель пути, учитывающая его упругие свойства в вертикальной и горизонтальной плоскости. Дискретный способ учета инерционных и диссипативных свойств пути.

Модель в виде бесконечной балки на упруговязком линейном основании. Частотная характеристика прогиба пути в зависимости от скорости как параметра. Краткие сведения о других континуальных моделях.

Характеристики детерминированных и случайных возмущений. Усредненная стыковая неровность пути. Волнообразный износ, эксцентриситет и овальность колеса. Одиночные неровности пути. Характеристики случайных стационарных возмущений, применяемых при исследовании вертикальных и боковых колебаний [I, § 2.1, 4.2, 4.3].

## 2.7. Вертикальные колебания ЭПС

### 2.7.1. Плоские линейные модели ЭПС, применяемые для исследования вертикальных колебаний

Анализ возможной степени детализации плоских моделей. Пример составления уравнений колебаний ЭПС с осевой характеристикой 2о-2о. Матричная форма записи уравнений колебаний. Повышение точности вычислений и снижение расхода машинного времени на основе разбиения матриц на блоки, выделения нулевых блоков и исключения действий над ними. Выделение в матрице динамических жесткостей блоков, соответствующих динамическим жесткостям колесных пар, тележек и кузова, а также связям между ними. Обобщение этого способа на ЭПС с различными осевыми характеристиками [I, § 4.1].

### 2.7.2. Динамические модели ЭПС с несимметричным расположением тягового привода

Модели ЭПС, учитывающие колебания подпрыгивания, галопирования и боковой качки, а также различие в характеристиках эквивалентных геометрических неровностей пути на левой и правой рельсовых нитях. Матрицы спектральных плотностей входных возмущений и выходных координат. Влияние превышения центра масс кузова над точками его опирания на вторичное рессорное подвешивание.

Вычисление ПДК в динамической модели ЭПС на основе перехода от матрицы обобщенных координат к матрице суммарных процессов колебаний с помощью матрицы преобразований [I, § 4.3].

### *2.7.3. Неустановившиеся колебания ЭПС*

Колебания, возникающие при проходе изолированных неровностей пути различных типов. Колебания при движении с переменной скоростью [I, § 4.3].

### *2.7.4. Примеры определения ПДК ЭПС*

Определение ПДК при установившихся колебаниях. Влияние параметров рессорного подвешивания на ПДК ЭПС. Определение ПДК при неустановившихся колебаниях

Влияние параметров рессорного подвешивания на ПДК ЭПС [I, § 4.4, 4.5].

## **2.8. Поперечные (боковые) колебания ЭПС**

### *2.8.1. Математические модели поперечных колебаний ЭПС*

Линейные и нелинейные модели. Составление уравнений поперечных колебаний тележек. Составление уравнений поперечных колебаний кузова [I, § 5.3].

### *2.8.2. Устойчивость движения ЭПС*

Определение критических скоростей движения на основе расчета собственных частот и форм свободных колебаний. Влияние параметров рессорного подвешивания на ПДК ЭПС. [I, § 5.3].

## *2.9. Продольные колебания в поездах*

Модели, применяемые для исследования продольных колебаний в поездах: упругий стержень, гибкая нерастяжимая нить, цепочка сосредоточенных масс, система твердых тел. Способы расчета продольных динамических сил. Особенности продольных колебаний, возникающих в длинносоставных тяжеловесных поездах. Пути снижения продольных динамических сил в поездах [I, § 6.2].

### *2.10. Выбор параметров рессорного подвешивания*

Выбор параметров рессорного подвешивания, обеспечивающих допустимый уровень ПДК в заданном интервале скоростей движения. Постановка задачи выбора оптимальных

параметров. Виды целевых функций и ограничений. Методы решения задач оптимизации. Многокритериальные задачи. Выбор оптимальных параметров рессорного подвешивания и условий минимизации среднего числа выбросов ПДК за допустимые уровни. Рекомендации по выбору исходных значений (нулевого приближения) параметров рессорного подвешивания при решении задач оптимизации. Примеры выбора оптимальных параметров рессорного подвешивания.

Способы построения систем рессорного подвешивания с управляемыми элементами [I, § 3.2].

### **2.11. Понятие о надежности виброзащитных функций рессорного подвешивания**

Показатели надежности механической части. Надежность как свойство объекта (элемент, деталь, сборочная единица, изделие) выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Понятия о работоспособном и исправном состоянии объекта, об отказе и повреждении. Нарушение требований по ПДК как основные виды отказов механической части ЭПС. Причины возникновения этих отказов.

Долговечность как свойство объекта сохранять работоспособность. Срок службы и технический ресурс как показатели долговечности. Сроки службы механической части ЭПС.

Безотказность как свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или наработки. Показатели безотказности неремонтируемых объектов — вероятность безотказной работы и интенсивность отказов. Показатели безотказности ремонтируемых объектов — параметр и ведущая функция потока отказов. Связь этих показателей с показателями безотказности. Ремонтируемые объекты механической части, определяющие динамику ЭПС, — бандажи колесных пар, гасители колеба-



ний, валики и втулки рессорного подвешивания, пятники и подпятники центральных опор.

Принцип нормирования показателей безотказности. Виды отказов: постепенные и внезапные; конструкционные и эксплуатационные; зависимые и независимые; функционирования и параметрические. Принципы оценки надежности механической части ЭПС как системы, состоящей из отдельных элементов.

Отклонения показателей динамических качеств от расчетных значений как следствие влияния разброса характеристик исходных материалов, отклонений в технологии изготовления и т.п. Характеристики разброса случайных величин жесткостей пружин. Изменение характеристик гасителей колебаний как случайные процессы.

Методы учета разброса параметров механической части при определении ПДК ЭПС. Использование метода теории чувствительности для определения моментов распределения ПДК. Вероятность безотказного выполнения рессорным подвешиванием виброзащитных функций как вероятность превышения ПДК своих допустимых значений. Требования к стабильности характеристик рессорного подвешивания из условия обеспечения заданного межремонтного пробега [I, § 3.3].

## **2.12. Движение ЭПС в кривых участках пути**

### *2.12.1. Особенности движения рельсового экипажа в кривой*

Понятие о вписывании в кривые. Геометрические задачи вписывания, квазистатические задачи взаимодействия экипажа и пути в кривой [I, § 7.1, 7,2].

### *2.12.2. Динамические процессы при движении экипажа в кривой*

Система сил и моментов, действующих на экипаж при движении в кривой. Методы оценки боковых и направляющих сил. Динамическое взаимодействие экипажа и пути в переходной кривой. Динамический комфорт. Способы снижения непогашенного ускорения [I, § 7.3; 7.4, 7.5].

### *2.12.3. Износ бандажей и рельсов в кривых и способы его снижения*

Сила трения в точке контакта. Работа сил трения. Фактор износа. Устройства для смазки гребней колес и рельсов. Особенности конструкций механической части, улучшающие вписывание в кривые [I, § 7.6, 7.7].

### **2.13. Явления, связанные с реализацией локомотивом сил тяги и торможения**

Квазистатический режим движения. Мероприятия по снижению перераспределения вертикальных сил между колесными парами и тележками. Влияние схемы рессорного подвешивания и типа тяговой передачи на перераспределение сил, передаваемых от колесных пар на рельсы, и реализацию локомотивом силы тяги.

Основные способы улучшения использования сцепного веса — применение балансиров, противоразгрузочных устройств и наклонных тяг. Особенности реализации силы тяги в динамическом режиме. Влияние колебаний локомотива и поезда на реализацию сил тяги. Способы повышения силы тяги [I, § 6.1, 6.2].

### **2.14. Особенности динамики высокоскоростного наземного транспорта (ВСНТ)**

Системы ВСНТ на основе модификации колесно-рельсового транспорта. Условия обеспечения устойчивости движения ВСНТ. Требования к конструкциям пути и подвижного состава ВСНТ. Примеры расчета динамических качеств ВСНТ. Некоторые сведения из опыта эксплуатации ВСНТ типа «Синкансен» (Япония), TGV (Франция), JCE (ФРГ) и т.п. [I, гл.18].

### **2.15. Динамические испытания ЭПС**

Динамические испытания ЭПС на физических моделях. Стендовые и лабораторные испытания. Катковые стенды для динамических испытаний ЭПС.

Линейные испытания. Виды испытания и испытательные режимы. Формирование опытного поезда и организация опытных поездок. Вагоны-лаборатории для проведения испытаний и их оборудование. Измерительные и регистрирующие приборы. Основные характеристики исследуемых процессов и особенности обработки экспериментальных записей. Применение специализированных и универсальных вычислительных машин для обработки испытаний. Особенности оценки динамических свойств ЭПС по результатам испытаний [I, гл.17].

### **3. ВИДЫ РАБОТ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕНИ**

Всего часов — 100 ч.

Лекционные занятия (обзорные лекции) — 8 ч.

Лабораторные занятия — 15 ч.

Контрольная работа (количество) — 1.

Самостоятельная работа — 62 ч.

Зачет — 1.

Экзамен — 1.

### **4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ**

Вследствие сжатости сроков пребывания студентов на сессиях лекции носят обзорный характер и включают в себя разделы: 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.8, 2.12, 2.13.

### **5. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТЫ ДОЛЖНЫ ПРОРАБОТАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО**

Для углубленного понимания лекционного материала, необходимо ознакомиться с литературой, рекомендуемой в следующих разделах рабочей программы: 2.3.1., 2.3.3., 2.3.5., 2.4.4., 2.5.3., 2.8.2.

Нижеперечисленные разделы в лекциях не рассматриваются и должны быть освоены самостоятельно: 2.6., 2.7., 2.9., 2.10., 2.11., 2.13., 2.14., 2.15.

## 6. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

К лабораторным работам имеются пояснения, которые можно использовать как пособия наряду с рекомендуемой литературой и методическими указаниями.

В отведенное учебным планом время каждый студент должен выполнить часть из перечисленных ниже работ.

1. Вынужденные вертикальные колебания модели ЭПС с одной степенью свободы.

2. Вынужденные вертикальные колебания моторного вагона с двумя степенями подвешивания.

3. Вертикальные колебания двухосной тележки.

4. Исследование сил, действующих на экипаж при вилянии и отnose.

5. Колебания экипажа при фрикционных гасителях в ресорном подвешивании.

6. Исследование сил, действующих на экипаж при движении в кривой.

## 7. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа посвящена оценке безопасности движения моторного вагона в кривом участке пути.

Первая часть работы — определение сил, действующих на экипаж с заданными параметрами в кривых различного радиуса и установки экипажа в колее.

Вторая часть — определение допустимых скоростей по разным критериям безопасности и по условию комфортабельности.

Работа разбита на отдельные шаги, сопровождаемые пояснениями, поэтому она может быть выполнена самостоятельно после ознакомления с соответствующими разделами программы и представлена для проверки и зачета на вызове, в расписание которого включены обзорные лекции по курсу Динамика ЭПС.



## **8. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Бирюков И.В., Савоськин А.Н., Бурчак Г.П. и др. Механическая часть тягового подвижного состава. — М.: Транспорт, 1992.

2. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона. — М.: Транспорт, 1990.

3. Дубровский З.М. Грузовые электровозы переменного тока. — М.: Транспорт, 1991.

## **9. КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оптимальный порядок изучения дисциплины:

1. Работа с курсом обзорных лекций для получения общего представления о дисциплине в целом и базовых знаний по основным разделам.

2. Выполнение контрольной работы с использованием методических указаний.

3. Самостоятельная работа с учебником и рекомендованной литературой в период между сессиями в соответствии с разделами 2 и 5 рабочей программы.

4. Выполнение лабораторных работ.

5. Зачет, экзамен.

канд. техн. наук, проф. В.А. Рамлов

## ДИНАМИКА ЭПС

Рабочая программа

Редактор *В.К. Тихоньчева*  
Компьютерная верстка *Е.Ю. Русалева*

185.

300.

---

Тип. зак.	Изд. зак.	Тираж
Подписано в печать 02.09.04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,5	Допечатка тиража	Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2