

Министерство путей сообщения СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА имени М.И.КАЛИНИНА

На правах рукописи

ЯНГУЛОВА Ольга Леонидовна

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ "ЭКИПАЖ-ПУТЬ" И
ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПРИ
ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКЕ

(05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск 1987

НТБ
ДНУЗТ

Києво-Святошинська друк.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

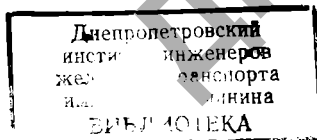
Актуальность проблемы. Согласно решениям XXVII съезда КПСС перед железнодорожным транспортом поставлены задачи своевременного, качественного и полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения в перевозках и повышения экономической эффективности его работы. Решение этих задач возможно на основе увеличения провозной и пропускной способности железных дорог, обновления железнодорожного подвижного состава, реконструкции существующих и строительства новых линий. Среди основных проблем комплексного развития железнодорожного транспорта и его технического оснащения на перспективу выделены вопросы совершенствования и создания новых конструкций вагонов и локомотивов, в том числе внедрение новых грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой. В связи с повышением осевых нагрузок и скоростей движения особую роль приобретают вопросы динамической нагруженности ходовых частей грузовых вагонов и основных элементов железнодорожного пути. Поэтому новые конструкции грузовых вагонов должны обладать улучшенными динамическими качествами и обеспечивать безопасность движения и минимальное воздействие на путь.

Следовательно, задача изучения взаимодействия подвижного состава и пути, связанная с исследованием их динамической нагруженности, является актуальной.

Целью данной работы является:

- разработка математических моделей пространственных колебаний грузовых вагонов, имеющих типовые тележки и тележки с дополнительными упругими элементами между боковыми рамами и буксами, в которых проведена дальнейшая детализация расчетной схемы пути;
- определение динамических показателей грузовых вагонов при повышенных осевых нагрузках и воздействие их на путь;
- установление влияния изменения параметров грузовых вагонов и особенностей конструкции ходовых частей на силы взаимодействия и напряжения в элементах пути;
- исследование устойчивости движения и зависимости между характеристиками устойчивости движения и динамическими показателями вагона.

Методика исследования. Теоретические исследования пространственных колебаний грузового вагона проводятся на основе методов математического моделирования с использованием численных методов интегрирования уравнений движения существенно нелинейной механической сис-



темы о применении ЭВМ.

Оценка устойчивости невозмущенного движения вагонов производится по первому приближению А.М.Ляпунова. Для определения перемещений и напряжений в пути используются дифференциальные уравнения в частных производных, для решения которых применяется метод Фурье и операционное исчисление.

Достоверность полученных теоретических выводов подтверждается сопоставлением результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

Научная новизна. Разработана математическая модель системы "экипаж - путь", описывающая пространственные колебания грузовых вагонов, имеющих типовые тележки и тележки с дополнительными упругими элементами между боковыми рамами и буксами, в которой учтены инерционные и упруговязкие свойства пути в горизонтальном поперечном и вертикальном направлениях. При этом рассмотрена математическая модель пути как единой системы, где каждый элемент (шпала, рельс, балласт) рассматривается отдельно с учетом влияния соседней рельсовой нити и упругих элементов, расположенных между рельсами и шпалами. Такая модель пути позволяет определять прогибы и напряжения в элементах пути.

Исследована устойчивость движения грузовых вагонов по первому приближению А.М.Ляпунова при различных вариантах расчетных схем и различных параметрах тележек. Установлена связь между показателями устойчивости движения грузового вагона и боковыми силами.

Рассмотрено влияние особенностей конструкции тележек грузовых вагонов на боковые и вертикальные силы взаимодействия колеса и рельса. Получена зависимость между вертикальной жесткостью надбуксовых прокладок и напряжениями в элементах пути.

Проведен анализ прогибов комплектов пружин центрального рессорного подвешивания тележек моделей И8-100, И8-120, И8-755 при повышенных осевых нагрузках с учетом допускаемых отклонений от размеров пружин. Получены значения вертикальных сил взаимодействия экипажа и пути при сжатых комплектах пружин до соприкосновения витков.

Определены значения вертикальных сил взаимодействия колеса и рельса, прогибы и напряжения в элементах пути в зависимости от конструкции пути и модуля упругости основания.

Проведено сравнение результатов расчетов при использовании разных моделей основания: модели В.З.Власова и модели Циммермана-Винклера.

Практическая ценность и внедрение результатов работы. Практическая ценность данной работы заключается в разработке алгоритмов и программ расчета на ЭВМ, позволяющих на стадии проектирования с достаточной для практических целей точностью определить динамические качества рельсовых экипажей в зависимости от их параметров и исследовать динамическую нагруженность ходовых частей грузовых вагонов и пути.

Разработанные программы внедрены ПО "Уралвагонзавод" и ВНИИвагоностроения в качестве подсистемы САПР. Результаты теоретических исследований по оценке динамических качеств тележек грузовых вагонов планируется использовать при разработке опытных образцов тележек на вагоностроительных заводах. Ориентировочный экономический эффект от внедрения подсистемы САПР по оценке динамической нагруженности вагонов при стационарных воздействиях и устойчивости их движения в ПО "Уралвагонзавод" составляет 26 тыс.руб. в год, от внедрения подсистемы САПР пространственных колебаний вагона при стационарных воздействиях во ВНИИвагоностроении - 60 тыс.руб., что подтверждается соответствующими актами.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на Всесоюзной конференции "Проблемы механики железнодорожного транспорта", г.Днепропетровск, 1984; отраслевой научно-технической конференции "Роль молодых ученых и специалистов в развитии научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте", г.Москва, 1984; научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора И.И.Челнокова, г.Ленинград, 1985.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 10 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения (основные результаты и выводы), списка использованной литературы и приложений. Работа содержит _____ страниц, в том числе 50 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 168 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении освещается актуальность решаемых задач, посвященных проблеме повышения осевых нагрузок, в свете решений XXVII съезда КПСС, и дан краткий обзор основных достижений в этой области в нашей стране и за рубежом.

Первая глава посвящена обзору научных работ в области исследования динамики подвижного состава, начиная с трудов выдающихся русских ученых Н.Н.Петрова, Н.Е.Жуковского, А.М.Годниченко-Цвирко, М.В.Винокурова. Отмечается, что основы прикладных методов исследований колебаний и устойчивости движения вагонов, их взаимодействие с путем были заложены в трудах советских ученых М.Ф.Зериги, С.В.Вершинского, В.Н.Данилова, С.М.Куценко, Н.А.Ковалева, В.А.Лазарьина, В.Б.Меделя, И.И.Челнокова. Существенный вклад в разработку этих проблем внесли Е.П.Елохин, Л.С.Грачева, В.Д.Данович, Ю.В.Демин, О.П.Еришков, И.П.Исаев, А.А.Камаев, В.А.Камаев, А.Я.Коган, М.Л.Коротенко, В.Н.Котуранов, Н.Н.Кудрявцев, А.А.Львов, Л.А.Манашкин; А.Н.Савоськин, М.М.Сосколов, Т.А.Тиблюв, В.Ф.Ушкилов, А.А.Хохлов, В.Д.Хускидов, С.И.Конашенко, Л.Д.Кузьмич, В.С.Плоткин, Ю.С.Ромен, А.Б.Сурвилло, Ю.М.Черкашин и др.

Широко известны работы зарубежных ученых Картера, Калкера, Кейна, Марье, Рокара, де Патера и других.

Существенный вклад в исследование динамики подвижного состава и его взаимодействие с путем внесли коллективы научных сотрудников ВНИИЖТа, ВНИИВа, ИГиТ АН УССР, МИИТа, ЛИИЖТа, БИТМа, ДИИТа и др., а также коллективы конструкторских бюро ряда вагоностроительных заводов.

Увеличение скоростей движения поездов и осевых нагрузок вагонов требует более глубокого изучения взаимодействия пути и подвижного состава. При этом необходимо прежде всего проводить исследования вынужденных колебаний подвижного состава, так как силы взаимодействия рельсового экипажа и пути зависят от величины амплитуд вынужденных колебаний, вызванных несовершенствами подвижного состава и пути. Помимо этого необходимо исследовать устойчивость движения вагонов, так как при скоростях, превышающих критическую с точки зрения устойчивости движения, динамические показатели рельсовых экипажей существенно возрастают. Анализ работ, посвященных исследованиям в этой области, показывает, что при исследовании вынужденных колебаний следует учитывать то, что при скоростях меньше критической, силы в системе, определенные с использованием плоской и пространственной расчетных схем, мало различаются между собой. Однако в случае неустойчивого в малом движения вагона вертикальные усилия в системе зависят от характера взаимодействия колебаний, вызванных действием возмущений и автоколебаний в горизонтальной плоскости. Использование плоской расчетной схемы приводит к заниженным результатам - не-

обходимо рассматривать пространственную расчетную схему. В этом случае расчетные схемы, используемые для изучения динамических процессов в системе "экипаж - путь" существенно усложняются.

Экипаж, в зависимости от целей исследования, рассматривается как механическая система из абсолютно твердых, либо деформируемых тел, соединенных упругодиссипативными или жесткими элементами. В ряде работ учитываются нелинейности, обусловленные действием сил сухого трения в рессорном и надбуксовом подвешиваниях, в опорных устройствах, нелинейность профиля катания колеса и характеристик сил поведскольжения.

Для учета инерционных и упруговязких свойств пути в горизонтальной и вертикальной плоскостях рассматривают достаточно подробные расчетные схемы пути. В таких расчетах принимаются модели основания как В.З.Власова, так и Циммермана-Винклера. В последнее время авторами многих работ чаще используется модель основания В.З.Власова, так как эта модель позволяет выразить упруговязкие и инерционные свойства основания через функцию затухания перемещений по глубине основания.

Оценка динамических характеристик железнодорожных экипажей основывается на анализе их реакций на возмущения, действующие со стороны пути. Для этого необходимо знать силы взаимодействия экипажа и пути при различном состоянии последнего. При теоретических исследованиях применяются различные модели возмущений в виде гармонических воздействий, широкополосных и узкополосных возмущений, периодической последовательности неровностей с детерминированными и случайными параметрами, так как до настоящего времени нет надежных статистических оценок неровностей пути.

В данной работе разработана математическая модель пространственных колебаний грузовых вагонов и железнодорожного пути как единой динамической системы с учетом ряда особенностей конструкции ходовых частей вагонов и с детализацией модели пути, необходимой для оценки динамических качеств грузовых вагонов и исследования нагруженности пути при повышенных осевых нагрузках.

Во второй главе получена математическая модель пути как единой системы перекрестных балок (шпал - балок конечной длины, рельсов - балок бесконечной длины), лежащих на сплошном упругом основании (по модели В.З.Власова).

Введено предположение, что две бесконечные рельсовые нити лежат на сплошной плите, бесконечной в продольном направлении и имеющей конечные размеры в поперечном направлении. Плита представляет собой бесконечно большое число балок шириной, равной расстоянию между осями шпал, лежащих на сплошном упругом основании. При этом для сравнения рассмотрены две модели основания: модель В.З.Власова и модель Циммермана-Винклера.

Учтено наличие упругих элементов, расположенных между рельсами и шпалами, влияние нагрузки, действующей на одну рельсовую нить, на перемещения другой.

Осуществлен статический расчет шпалы как балки конечной длины, лежащей на сплошном упругом основании (по модели В.З.Власова) под действием двух вертикальных сил при условии, что перемещения шпалы равны перемещениям основания в точках контакта.

При указанных предположениях дифференциальное уравнение изгиба шпалы имеет следующий вид

$$C_1 w'''' - C_2 w'''' + C_3 w'' = P_w(y),$$

а дифференциальное уравнение перемещений основания w_0 за пределами шпалы — такой вид

$$-C_2 w_0'' + C_3 w_0 = 0,$$

где C_1 — жесткость шпалы при изгибе в вертикальной плоскости; C_2 — характеристика основания при сдвиге; C_3 — характеристика основания при сжатии; $P_w(y)$ — нагрузка, действующая со стороны рельса на шпалу; w'' — прогиб шпалы.

Приведенные уравнения решаются операционным методом с помощью балочных функций А.Н.Крылова и В.З.Власова.

Расчет рельса на изгиб в вертикальной плоскости как балки бесконечной длины, лежащей на сплошном упругом основании, под действием вертикальной силы с использованием гипотезы Н.П.Петрова и с учетом влияния соседней рельсовой нити приводит к решению системы дифференциальных уравнений.

$$\begin{cases} \frac{E_p J_p}{\delta I^4} \frac{\partial^4 w_p(x, y)}{\partial x^4} = \rho_{s1} G_1(x) - \rho_{s2}(x); \\ \frac{E_p J_p}{\delta I^4} \frac{\partial^4 w_p(x, y)}{\partial x^4} = \rho_{s2} G_1(x) - \rho_{s2}(x), \end{cases}$$

где E_p, J_p — модуль упругости и момент инерции поперечного сече-

ния рельса относительно главной центральной горизонтальной оси; $G_i(x)$ - импульсивная функция первого порядка; $p_{0j}(x)$ - давление рельсовой нити на шпалу; p_{0j} - вертикальная сила, действующая на рельсовые нити; $w_p(x, y)$ - прогиб рельсовой нити.

При этом решались определялись функции влияния прогибов рельсов (вдоль оси пути), шпал (поперек оси пути) и основания в продольном и поперечном направлениях. Это дало возможность определить силы и напряжения в элементах рельсо-шпальной решетки и основания.

Вертикальные силы взаимодействия колеса и рельса определены через кинетическую, потенциальную энергии пути и функцию рассеяния энергии пути.

В третьей главе рассмотрена математическая модель системы "экипаж - путь" с учетом ряда особенностей конструкции вагона и с детализацией модели пути. При этом рассмотрены пространственные колебания грузовых вагонов, имеющих типовые тележки и тележки с дополнительными упругими элементами между боковыми рамами и буксами. Движение вагонов рассматривалось на прямом участке инерционного и упруго-вязкого пути в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также на жестком в вертикальном направлении пути.

Расчетные схемы грузовых вагонов представляют собой нелинейные дискретные механические системы, состоящие из 11 твердых тел (кузов, две наддрессорные балки, четыре боковины и четыре колесные пары). Принимаются во внимание нелинейности в системе, обусловленные наличием сил сухого трения, нелинейной зависимостью сил псевдоскольжения от величины относительного упругого проскальзывания, а также нелинейностью профиля катания колеса.

В качестве возмущений были выбраны детерминированные горизонтальные и вертикальные неровности. Предусматривалось наличие как типовых, так и упругофрикционных скользунков.

Уравнения возмущенного движения вагона получены в форме уравнений Лагранжа второго рода и представляют собой системы 58-го порядка для вагона с тележками серийной конструкции и 100-го порядка - для перспективных. В том случае, когда инерционные и упруго-вязкие свойства пути в вертикальном направлении не принимаются во внимание, то порядок систем уравнений уменьшается соответственно до 42-го и 84-го.

В этой же главе проведена линеаризация полученных дифференциальных уравнений движения для исследования устойчивости движения

систем с использованием первого приближения Ляпунова.

С использованием разработанных математических моделей было проведено исследование пространственных колебаний грузовых вагонов с серийными тележками и установлено влияние учета инерционных и упруго-вязких свойств пути на динамические показатели вагонов.

В четвертой главе проведено исследование устойчивости невозмущенного движения рассматриваемых типов вагонов. Определены горизонтальные поперечные силы взаимодействия колеса и рельса, возникающие при автоколебаниях экипажей. Дана оценка и проведено сравнение динамических показателей типовой тележки модели И8-100 с перспективными тележками с осевой нагрузкой 245 кН, выбор параметров которых основан на результатах стендовых и ходовых динамических испытаний опытных образцов тележек моделей И8-120 и И8-755.

Были определены значения критической скорости для грузовых вагонов с различными типами тележек. Для вагонов на тележках с надбуксовыми прокладками значения её несколько выше, чем для вагонов с тележками модели И8-100. Рассмотрено влияние идеализаций, вводимых при расчетах на величину критической скорости с точки зрения устойчивости движения. С этой целью рассматривались расчетные схемы грузовых вагонов в трех случаях: в первом – без учета упругости пути, во втором – без учета боковой качки и в третьем – когда демпферы сухого трения заклинены и рессорное подвешивание заблокировано. Значения критической скорости, полученные для третьего случая, хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Рассмотрено влияние упругофрикционных скользящих на устойчивость движения и рамные силы грузовых вагонов.

Дана оценка влияния некоторых параметров рессорного подвешивания на величину критической скорости движения грузовых вагонов. На основании расчетов получены зависимости наибольшей вещественной части корней характеристического уравнения $h_{\max}$ от скорости движения при различных значениях коэффициента сухого трения в демпферах рессорного подвешивания и пяте, а также жесткости центрального подвешивания при забегании боковины $K_{\text{цв}}$. Показано, что на величину $U_{\text{кр}}$ влияет изменение $K_{\text{цв}}$ и не влияет изменение коэффициента сухого трения.

При разных значениях параметров (жесткости центрального рессорного подвешивания при забегании боковины, горизонтальной поперечной

жесткости центрального рессорного подвешивания, коэффициентов сил псевдоскольжения) были получены зависимости h_{max} от скорости движения, а также путем численного интегрирования дифференциальных уравнений движения были получены соответственно значения для боковых сил, действующих на рельсовые нити. На основании этих данных установлена связь между показателями устойчивости и боковыми силами. Оказалось, что при скоростях, превышающих критическую скорость с точки зрения устойчивости движения, величины боковых сил существенно зависят от значений инкремента колебаний линеаризованной системы.

На примере тележки модели 18-100 было показано, что для определения критической скорости с точки зрения устойчивости движения удобно использовать зависимость градиента боковых сил скорости движения.

В пятой главе определены вертикальные силы взаимодействия колеса и рельса при движении грузового вагона по прямому участку пути и проведена оценка динамической нагруженности пути под действием этих сил.

Максимальные значения вертикальных сил взаимодействия колеса и рельса определялись при помощи разработанной математической модели "экипаж - путь" с учетом особенностей конструкции тележек грузовых вагонов, а также с учетом изменения вертикальных параметров пути, соответствующих различным типам верхнего строения пути, грунта земляного полотна. Проведено сравнение расчетных значений этих сил с экспериментальными данными.

Установлено влияние на значения вертикальных сил взаимодействия колеса и рельса жесткости дополнительных упругих элементов между боковыми рамами и буксами тележек грузового вагона, а также модуля упругости основания, жесткости промежуточных рельсовых креплений, типа рельсов. Определялись значения вертикальных сил взаимодействия экипажа и пути с использованием двух моделей основания (модель В.З. Власова и модель Циммермана-Винклера) при учете влияния соседней рельсовой нити и без учета.

Показано, что наличие упругих элементов, расположенных между боковинами и колесными парами, снижает уровень вертикальных сил взаимодействия колеса и рельса.

Выполнен расчет динамической нагруженности пути при действии наибольших значений вертикальных сил взаимодействия экипажа и пути

с использованием разработанной математической модели пути.

Определены прогибы и напряжения в элементах пути: напряжения в кромке подошвы рельса, напряжения смятия шпалы под подкладкой, напряжения в балластном слое и на основной площадке земляного полотна, а также прогибы рельсов, силы давления на шпалу в точках приложения нагрузок.

Установлена связь между жесткостью упругих элементов рессорного подвешивания грузового вагона и усилиями и напряжениями в конструкциях путк.

Произведен сравнительный анализ полученных значений по разработанной методике с результатами, вычисленными по существующим нормам расчета верхнего строения пути.

Получено достаточно хорошее совпадение результатов в рассмотренном диапазоне скоростей и осевых нагрузок.

Полученные значения напряжений сравнивались с допускаемыми напряжениями, предусмотренными существующими нормами расчета верхнего строения пути, что дало возможность оценить нагруженность пути при повышенных осевых нагрузках.

Получены упругие линии рельсовых нитей при различных типах рельсов и значениях модуля упругости основания, а также упругие линии деревянных шпал при различных значениях модуля упругости и моделях основания.

Оценено влияние одной рельсовой нити на прогибы и напряжения в элементах пути под другой рельсовой нитью.

Проведен анализ прогибов комплектов пружин центрального рессорного подвешивания грузовых вагонов с тележками модели 18-100, 18-120, 18-755. При этом определены вертикальные силы взаимодействия между колесом и рельсом, а также напряжения в элементах пути после выбора зазора между витками пружин центрального рессорного подвешивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации разработана математическая модель пространственных колебаний грузового вагона и железнодорожного пути как единой динамической системы с учетом ряда особенностей конструкции вагона и с детализацией модели пути, необходимыми для исследования взаимодействия экипажа и пути при повышенных осевых нагрузках. Рассмотрены два варианта конструкции экипажа: с типовыми тележками модели 18-100 и с тележками, имеющими дополнительные упругие элементы меж-

ду боковыми рамами и буксами (тележки модели И8-120 и И8-755). В обеих расчетных схемах рассмотрены случаи использования как типовых, так и упругофрикционных скользунов. Путь представлен единой системой перекрестных балок (шпал - балок конечной длины, рельсов - балок бесконечной длины), лежащих на сплошном упругом основании (по модели В.З.Душова). При этом учтены упругость промежуточных рельсовых креплений и влияние соседней рельсовой нити. В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Проведена оценка динамических качеств полувагонов с типовыми и перспективными тележками с повышенной осевой нагрузкой при движении по прямолинейным участкам инерционного, упругоэластического пути, имеющего неровности. Исследовано воздействие грузового вагона на путь, определены горизонтальные поперечные и вертикальные силы взаимодействия колеса и рельса. Установлено, что повышение осевой нагрузки с 238 до 245 кН увеличивает вертикальные и горизонтальные поперечные силы взаимодействия для тележки модели И8-100 соответственно на 15-20 % и 25-30 %, а для перспективных тележек - на 7-10 % и 15-20 % при высоких скоростях движения. С уменьшением скорости движения влияние осевой нагрузки становится менее существенным. Достоверность полученных результатов подтверждена достаточно хорошим совпадением расчетных и экспериментальных данных.

2. Исследована устойчивость движения грузового полувагона при повышенных осевых нагрузках. Определены значения критической скорости с точки зрения устойчивости движения. Установлено, что значение критической скорости для вагонов с перспективными тележками на 35-40 % больше, чем для вагонов с типовыми тележками. Показано, что повышение осевой нагрузки практически не уменьшает значения критической скорости.

3. Рассмотрено несколько вариантов расчетных схем грузового вагона на типовых тележках и проведено сопоставление полученных значений критической скорости с экспериментальными данными. Установлено, что учет боковой качки кузова относительно наддресорных балок уменьшает значения критической скорости, поэтому её необходимо учитывать в расчетах. Для расчетной схемы с заклиненными демпферами центрального рессорного подвешивания значения критической скорости несколько выше, чем для исходной расчетной схемы, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.

4. Установлена связь между боковыми силами, полученными интегрированием нелинейной системы уравнений, и инкрементами колебаний, найденными методами линейной алгебры для линеаризованной системы уравнений первого приближения А.М.Липунова. Показано, что при скоростях, превышающих критическую с точки зрения устойчивости движения, величины боковых сил существенно зависят от значений инкремента колебаний линеаризованной системы.

5. Применение дополнительных упругих элементов с вертикальной жесткостью $6 \cdot 10^4$ кН/м позволяет уменьшить уровень вертикальных сил взаимодействия колеса и рельса на 20 %, а напряжения в элементах пути на 15-20 % по сравнению с тем случаем, когда связь бокс и боковых рам является жесткой.

6. Проведен анализ прогибов комплектов пружин центрального ресорного подвешивания тележек моделей 18-100, 18-120, 18-755. Установлено, что при сжатых комплектах пружин до соприкосновения витков динамические добавки вертикальных сил взаимодействия колеса и рельса существенно возрастают, соответственно напряжения увеличиваются в элементах пути на 30-40 %.

7. Установлено влияние параметров пути на вертикальные силы взаимодействия колеса и рельса и на напряжения в элементах пути. Проведено сравнение напряжений в элементах пути с допускаемыми при различных скоростях движения с учетом изменения параметров и конструкции пути.

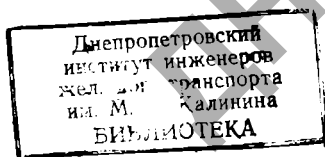
8. Установлено, что учет влияния соседней рельсовой нити на усилия и напряжения в элементах пути под другой рельсовой нитью незначительно оказывается на результатах расчетов.

9. Разработан комплекс прикладных программ для исследования свойств динамической системы "экипаж - путь". Ожидаемый экономический эффект от внедрения комплекса прикладных программ составляет 26 тыс.руб. в год в ПО "Уралвагонзавод" и 60 тыс.руб. - во ВНИИВагопостроения.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Коротенко М.Л., Данович В.Д., Зимница О.Л., Татарина В.Л., Малышева И.Ю. Некоторые результаты исследования колебаний грузовых вагонов // Тр.Днепропетр.ди-та инженеро-в ж.-д.трансп. - 1982. - вып.225/29. - С.59-69.

2. Коротенко М.Л., Данович В.Д., Зимница О.Л. Влияние величины осевой нагрузки на критическую скорость грузовых вагонов // Тр. Днепропетр. ин-та инженеров ж.-д. трансп. - 1983. - вып. 230/30. - С. 52-59.
3. Данович В.Д., Зимница О.Л. Об учете инерционных и упруго-вязких свойств пути при исследовании пространственных колебаний вагона с повышенной осевой нагрузкой: Тезисы доклада Всесоюзной конференции (г. Днепропетровск, май 1984 г.) - Днепропетровск: ДИИТ, 1984. - С. 103.
4. Коротенко М.Л., Зимница О.Л. Боковые силы и устойчивость движения вагона: Тезисы доклада Всесоюзной конференции (Днепропетровск, май 1984) - Днепропетровск: ДИИТ, 1984. - С. 81.
5. Данович В.Д., Зимница О.Л. Изгиб шпалы как балки конечной длины, лежащей на сплошном упругом (по В.З. Власову) основании. Днепропетровск, 1983, с. 16. Рукопись представлена Днепропетровским институтом инженеров ж.-д. транспорта. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 15 декабря 1983 г., № 2464.
6. Данович В.Д., Зимница О.Л. Учет изгиба рельсовых нитей при исследовании пространственных колебаний экипажа на инерционном (по В.З. Власову) основании. Днепропетровск, 1984, с. 13. Рукопись представлена Днепропетровским институтом инженеров ж.-д. транспорта. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 9 октября 1984 г., № 2899.
7. Зимница О.Л. Расчет рельсо-шпальной решетки для исследования пространственных колебаний экипажа на инерционном основании. Тезисы отраслевой научно-технической конференции "Роль молодых ученых и специалистов в развитии научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте". (г. Москва, май, 1984 г.) - М.: МИИТ, 1984. - С. 56.
8. Коротенко М.Л., Зимница О.Л. Влияние изменения некоторых параметров на показатели устойчивости и боковые силы грузовых вагонов // Тр. Днепропетр. ин-та инженеров ж.-д. трансп. - 1985. - вып. 240/32. - С. 54-58.
9. Данович В.Д., Зимница О.Л. Определение вертикальных сил взаимодействия экипажа и пути. Днепропетровск, 1985, с. 20. Рукопись представлена Днепропетровским институтом инженеров ж.-д. транспорта. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 12 декабря 1985 г., № 3111.



10. Данович В.Д., Зимнича О.Л. О приведенных параметрах пути в вертикальной плоскости // Исследование воздействия на путь современного подвижного состава. - Днепропетровск: ДДПТ. - 1986. - вып.246/28. - С.82-91.

Ольга

ЯНГУЛОВА Ольга Леопольдовна

Математическое моделирование системы "экипаж-путь" и оценка динамических качеств грузовых вагонов при повышенной осевой нагрузке

05.22.С7 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Подписано к печати 8.10.87 БТ 30800

Формат 60x84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.
Ротапринт. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 1,0.

Тираж 100 экз.

Заказ 1570. Бесплатно.

Участок оперативной полиграфии ДДПТ. 330700, ГСП, Днепропетровск, 10, ул.Академика В.А.Лазаряна, 2.