

МПС СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени М. И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

УДК: 629.463.015

МИХАЙЛЕНКО Виталий Михайлович

**ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА КОЛЕСНЫХ ПАР
НА БОКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ
ЧЕТЫРЕХОСНЫХ ПОЛУВАГОНОВ**

Специальность 05.22.07 — Подвижной состав
и тяга поездов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового
Красного Знамени институте инженеров железнодорожного транспор-
та имени М.И.Калинина.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор М.Л. КОРОТЕНКО

Научный консультант - кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Ю.В.ДЕМИН

Официальные оппоненты: - доктор технических наук
Н.Н.КУДРЯВЦЕВ,
кандидат технических наук
И.К.МОРОЗ

Ведущая организация - Центральное конструкторское
бюро транспортного машиностроения,
г.Калинин.

Защита диссертации состоится 11 мая 1984 г.
в 14 час. 00 мин. на заседании специализированного совета
К II4.07.01 Днепропетровского ордена Трудового Красного Знамени
института инженеров железнодорожного транспорта им. М.И.Калини-
на по адресу:

320629, ГСП, г.Днепропетровск, 10, ул.Акад.Лазаряна, 2, ДИИТ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные пе-
чатью, просим направлять в совет института.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент

Д.В.ПЕТРОВИЧ

НТБ
ДНУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Решениями XXVI съезда КПСС, постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по улучшению работы и комплексному развитию железнодорожного транспорта в 1981-1985 годах" предусматривается дальнейшее повышение уровня перевозок народнохозяйственных грузов. Одним из путей решения этой важной задачи является увеличение провозной и пропускной способности железнодорожных магистралей путем повышения осевых нагрузок, масс и скоростей движения поездов.

4844a В условиях интенсивной перевозочной работы существенно возрастает динамическая нагруженность несущих конструкций экипажей и пути. При этом соответственно ускоряется износ взаимодействующих элементов подвижного состава и путевой структуры, в частности, ходовых частей и верхнего строения пути. Появление эксплуатационных износов приводит, как правило, к ухудшению динамических характеристик железнодорожных экипажей, что, в свою очередь, повышает уровень их нагруженности. Увеличение нагруженности, интенсифицирующей процесс износа, приводит к дальнейшему ухудшению условий взаимодействия подвижного состава и пути и сокращению межремонтных периодов. Таким образом, для улучшения конструкции и условий эксплуатации представляется актуальным получение достоверных данных о зависимостях показателей динамических качеств вагонов от износа их ходовых частей.

Целью работы является получение зависимостей изменения показателей динамических качеств четырехосных полувагонов, определяемых боковыми колебаниями, от износа колесных пар при интенсивной эксплуатации и оценка на этой основе технических решений, реализуемых в конструкциях ходовых частей грузовых вагонов с улучшенными динамическими характеристиками.

Методика исследований. Исследования динамических качеств вагонов проводилась как экспериментальным путем, так и при помощи математического моделирования. Экспериментальная часть работы выполнялась в условиях постоянного функционирования объектов исследования - четырехосных полувагонов с типовыми и модернизированными ходовыми частями в одном из опытных маршрутных поездов ДИИТа, обращавшемся по замкнутому участку при достаточно интенсивной эксплуатации так, что пробег опытных вагонов в поезде за год эксплуатации составил около 170 тыс. км. В течение этого времени периодически проводились измерения и регистрация ряда величин, характеризующих боковые колебания опытных вагонов. Также проводилось обследование ходовых частей и снимались профилограммы поверхностей катания колес. Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась с использованием статистических методов анализа.

Методами математического моделирования исследовались боковые колебания грузовых вагонов, представленных дискретными существенно нелинейными системами. Математические модели построены с учетом необходимости варьирования значений параметров, зависящих от износа поверхностей катания колес, в частности, эффективной жесткости. Значения величин эффективной жесткости, вводимые в модель, определялись по результатам обработки профилограмм, снятых на различных этапах натурных испытаний. Решения систем нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих боковые колебания вагонов, получены прямым интегрированием на ЭЦМ БЭСМ-6 с использованием программ, реализующих конечно-разностный метод Адамса-Бамфорта, в результате расчетов получены статистические характеристики рассматриваемых процессов.

Научная новизна. Разработана методика теоретических и

экспериментальных исследований, позволяющая определять динамические качества подвижного состава в условиях интенсивной эксплуатации. Оценено влияние конструктивных изменений, связанных с модернизацией ходовых частей грузовых вагонов, на их динамические показатели. Впервые получены данные об изменении показателей грузовых вагонов в процессе перевозочной работы на магистральном участке большой протяженности. Установлены зависимости параметров поверхности катания колес от величины пробега вагонов. Дана оценка изменения динамических качеств исследуемых вагонов от эксплуатационных износов колесных пар, соответствующих определенным значениям пробега.

Практическая ценность. Разработанная в диссертационной работе методика позволяет расчетным путем прогнозировать изменение некоторых динамических показателей грузовых вагонов в условиях длительной эксплуатации, а также дает возможность оценить влияние износа поверхностей катания колесных пар на динамические качества исследуемых экипажей.

Установлены зависимости изменения параметров, характеризующих форму поверхности катания колесных пар тележек типовой и модернизированной конструкций, от величины пробега. Показано, что в течение всего цикла испытаний полувагон с модернизированными тележками имел более высокие динамические качества, чем стандартный.

Создан комплекс специализированной аппаратуры, предназначенной для исследований динамических характеристик подвижного состава в эксплуатационных условиях. При разработке комплекса предусмотрена возможность оперативной установки приборов на исследуемых объектах в промежутки времени, ограниченные условиями эксплуатационной работы. Кроме того, разработана аппаратура для экспресс-анализа динамических процессов в ходе эксперимента.

Амплитудный анализатор и устройство для определения коэффициента запаса устойчивости колесной пары от охода с рельсов, входящие в состав комплекса, защищены авторскими свидетельствами.

Реализация работы. Результаты исследований по теме диссертация использованы Уральским вагоностроительным заводом им.Ф.Э.Дзержинского при разработке технической документация двухосной тележки модели I8-II5. Соответствующим актом подтверждается экономический эффект, получаемый народным хозяйством при внедрении в серийное производство тележек этого типа в сумме 700 тыс.рублей. Сумма экономии, приходящаяся на долю работ, проведенных с участием автора, составляет 70 тыс.рублей.

Созданный комплекс измерительно-регистрирующий и обрабатывающей аппаратуры использовался ДИИТом для выполнения ряда научно-исследовательских работ, при внедрении которых общий экономический эффект составил около 500 тыс.рублей.

Переданная Институту технической механики АН УССР техническая документация на разработанную автором измерительную аппаратуру использована для изготовления и внедрения соответствующих приборов. Ожидаемый экономический эффект от применения указанной аппаратуры составит около 85 тыс.рублей.

Апробация работы. Основные положения диссертация докладывались на Всесоюзной конференции "Проблемы механики наземного транспорта" (г.Днепропетровск, май 1977 г.), втором Всесоюзном симпозиуме "Динамические измерения" (г.Ленинград, февраль-март 1978 г.), Всесоюзной конференции "Проблемы механики железнодорожного транспорта" (г.Днепропетровск, май 1980 г.), У Всесоюзной конференции "Экспериментальные исследования инженерных сооружений" (г.Таллин, сентябрь 1981 г.), семинаре "Методы и средства вибродиагностики конструкций машин и механизмов" (г.Каунас, май 1983 г.), научно-практических семинарах "Вопросы разработки

перспективных конструкций ходовых частей грузовых вагонов" (г.Днепропетровск, январь 1979 г., г.Нижний Тагил, февраль 1983 г.), семинаре "Общая механика" (г.Днепропетровск, ДИИТ, январь 1984 г.)

Публикации. По теме диссертация опубликовано 9 статей и получено 2 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения (основные результаты и выводы), описки использованной литературы и приложений. Она содержит 135 страниц текста, 32 рисунка, 15 таблиц, список литературы из 142 наименований и 8 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечены особенности работы подвижного состава в условиях интенсивной эксплуатации. Проведен обзор работ, посвященных исследованию эксплуатационных износов колесных пар и динамике подвижного состава с изношенными ходовыми частями.

Значительный вклад в изучение влияния параметров подвижного состава железных дорог на его динамические качества внесли работы отечественных ученых: М.Ф. Вераго, Л.О.Грачевой, А.А.Камаева, Н.А.Ковалева, М.Л.Коротенко, Н.Н.Кудрявцева, С.М.Куценко, В.А.Лазаряна, А.А.Львова, М.М. Соколова, Т.А.Тибялова, В.Ф.Ушкалова и др. Вопросам изучения влияния износов ходовых частей на динамические качества подвижного состава посвящены также многочисленные исследования зарубежных авторов. Из анализа рассмотренных работ следует, что износ элементов ходовых частей, в особенности колесных пар, ведет, как правило, к ухудшению динамических характеристик железнодорожных экипажей и соответственно повышает уровень нагруженности элементов их конструкций. Снижение динамических качеств вагонов приводит к

повреждения грузов, сказывается на условиях безопасности движения. Особенно чувствительны к износу ходовых частей динамические показатели, зависящие от боковых колебаний.

Цель работы сформулирована с учетом актуальности получения достоверных данных о зависимостях от пробега динамических характеристик подвижного состава, в частности, четырехосных полувагонов с типовыми и опытными ходовыми частями.

В первой главе диссертация обоснована выбор объектов исследования, оставлены расчетные схемы, получены дифференциальные уравнения движения, описывающие боковые колебания.

В качестве объектов исследования выбраны четырехосные полувагоны с ходовыми частями двух типов: со стандартными тележками модели ІВ-100 (ЦНИИ-УЗ-0) и модернизированными с улучшенными динамическими характеристиками (условный номер 50У-508).

Расчетные схемы рассматриваемых вагонов представляют собой нелинейные дискретные механические системы, состоящие из II твердых тел (кузов, две надбессорные балки, четыре боковые рамы и четыре колесные пары). Нелинейности в системе обусловлены упруго-фракционными связями кузова и рам тележек, салами pseudo-скольжения в контакте колеса и рельса, а также криволинейностью профиля поверхности катания колеса. Для полувагона на тележках 50У-508 учтены, помимо указанных выше, нелинейности, вызванные действием сил сухого трения в скользунах-демпферах.

Уравнения возмущенного движения вагонов получены в форме уравнений Лагранжа второго рода и имеют вид:

$$A \ddot{\bar{q}}_n + C \dot{\bar{q}}_n = \bar{\theta}_n + \bar{\theta}_n^*$$

где A и C - матрицы инерционных и квазиупругих коэффициентов; \bar{q}_n , $\bar{\theta}_n$, $\bar{\theta}_n^*$ - векторы обобщенных координат и обобщенных сил, не имеющих потенциала.

При составлении уравнений движения рассматриваемых экипажей принималась во внимание упругая податливость рельсовых нитей в плане и горизонтальные случайные возмущения, действующие на колесные пары со стороны рельсов.

Полученные системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающие боковые колебания грузовых вагонов, имеют 72-й порядок для вагона с тележками типа 50Х-508 и 34-й – для вагона с тележками модели І8-І00.

Во второй главе приведены результаты теоретических исследований боковых колебаний полувагонов. Решения соответствующих систем нелинейных дифференциальных уравнений получены путем численного интегрирования. Вычисления производились на ЭЦМ БЭСМ-6 с помощью программы, реализующих конечно-разностный метод Адамса-Башфорта. В качестве возмущающего воздействия принималась горизонтальные неровности рельсовых нитей, имеющие случайный характер. Горизонтальные неровности пути моделировались с помощью датчика случайных чисел, равномерно распределенных в интервале $[-I, I]$. При этом две соседние точки из последовательности случайных чисел соединялись прямой линией. Таким образом, формировался непрерывный случайный процесс, спектральная плотность которого имеет монотонно убывающий характер, соответствующий экспериментальным данным по характеристикам горизонтальных неровностей пути.

В расчетах принимались значения параметров жесткостей упругих и диссипативных связей элементов рассматриваемых конструкций, установленные, в основном, по данным экспериментальных исследований. Жесткости комплектов рессорного подвешивания в горизонтальном и вертикальном направлениях корректировались путем введения поправок, учитывающих особенности работы клиновых демпферов колебаний при различных скоростях движения.

Исследования проводились для случаев начального (5 тыс.км) и наибольшего достигнутого в эксперименте (170 тыс.км) пробегов вагонов. В качестве основного параметра, характеризующего износ поверхности катания колес, рассматривалась эффективная коничность μ_z , которая определялась по результатам обработки профилограмм, полученных в ходе испытаний.

В процессе решения анализировались значения оценок математических ожиданий m_x и дисперсий D_x следующих величин:

- горизонтальных поперечных ускорений пятников над первой и второй по ходу движением тележками \ddot{y}_i ($i=1$ - для вагона на стандартных тележках; $i=2$ - для вагона на тележках БОХ-508);

- углов поворота в горизонтальной плоскости надреосорных балок первой и второй тележек относительно кузовов φ_i

Значения дисперсий $D\ddot{y}_i$ и $D\varphi_i$ представлены в таблице. Здесь в числителе приведены данные, соответствующие начальному износу колесных пар (пробег 5 тыс.км), в знаменателе - при износе после пробега 170 тыс.км.

Таблица

Величина	Скорость движения, м/с (км/ч)								
	11,1 (40)	13,9 (50)	16,7 (60)	19,4 (70)	22,2 (80)	25,0 (90)	27,8 (100)	30,6 (110)	33,3 (120)
$D\ddot{y}_1, \text{м}^2/\text{с}^4$	<u>0,114</u> 0,204	<u>0,123</u> 0,220	<u>0,143</u> 0,229	<u>0,181</u> 0,254	<u>0,201</u> 0,319	<u>0,331</u> 0,475	<u>0,364</u> 0,523	<u>0,527</u> 0,693	<u>0,666</u> 1,082
$D\ddot{y}_2, \text{м}^2/\text{с}^4$	<u>0,067</u> 0,054	<u>0,070</u> 0,082	<u>0,089</u> 0,163	<u>0,112</u> 0,203	<u>0,174</u> 0,262	<u>0,224</u> 0,367	<u>0,235</u> 0,532	<u>0,305</u> 0,769	<u>0,446</u> 1,128
$D\varphi_1, \text{рад}^2/\text{с}^2$	<u>0,561</u> 1,024	<u>0,492</u> 0,769	<u>0,483</u> 0,852	<u>0,480</u> 0,903	<u>0,656</u> 0,996	<u>0,637</u> 1,593	<u>0,817</u> 2,247	<u>0,826</u> 2,894	<u>1,004</u> 4,749
$D\varphi_2, \text{рад}^2/\text{с}^2$	<u>0,555</u> 0,854	<u>0,554</u> 0,905	<u>0,464</u> 1,217	<u>0,581</u> 1,270	<u>0,839</u> 1,644	<u>0,852</u> 2,262	<u>1,109</u> 3,790	<u>1,113</u> 5,645	<u>1,558</u> 8,248

В третьей главе рассмотрены вопросы, связанные с созданием специализированной аппаратуры, предназначенной для проведения экспериментальных исследований динамических качеств железнодорожных экипажей в условиях эксплуатации.

Проведен анализ существующих средств измерения перемещений и ускорений, базирующихся на различных физических принципах. Выбраны способы преобразования механических величин. Рассмотрены методы регистрации измеряемых величин. Установлены значения пределов измерения и частотные диапазоны динамических процессов, характерных для подвижного состава железных дорог.

Изложены основные требования к аппаратуре, определяемые параметрами объектов исследования и учитывающие ряд особенностей динамических испытаний в условиях эксплуатационной работы. Разработан комплекс приборов, включающий в себя измерительную аппаратуру, устройство точной магнитной записи, вспомогательные устройства и обрабатывающую аппаратуру.

Для измерения относительных перемещений элементов подвижного состава при экспериментальных исследованиях в условиях поездной работы предложено использовать датчики, выполненные на основе взаимодукционных (трансформаторных) преобразователей. Характерными особенностями разработанных на этом принципе датчиков является широкий диапазон измеряемых перемещений (от $\pm 0,3$ мм до ± 75 мм), приемлемая линейность преобразования (не хуже 0,2 %), значительная мощность выходного сигнала (0,1 В/см при $R_{\text{вых}} = 1 \text{ кОм}$), благодаря чему регистрацию измерений можно производить без дополнительного усиления сигнала.

Обосновано применение для измерения ускорений элементов подвижного состава параметрических датчиков, в частности, акселерометров, выполненных на основе полупроводниковых преобразователей. Отличительной особенностью предложенных акселерометров по

сравнению с широко распространенными датчиками на основе пьезо-электрических преобразователей является возможность измерения постоянных составляющих ускорений и, следовательно, проведения тарировок по ускорению свободного падения. Наличие гидравлического демпфирования предохраняет датчик от действия ударных перегрузок, характерных для транспортных экипажей.

В качестве чувствительных элементов акселерометров выбраны кремниевые тензорезисторы типа КТЭ. Высокая чувствительность полупроводниковых тензорезисторов позволила применять мостовые схемы, питаемые постоянным током, и производить регистрацию сигналов без дополнительного усиления, что существенно повысило точность и надежность измерений.

Разработанный датчик позволяет измерять ускорения в пределах $0,01 + 12g$ в частотном диапазоне $0 + 63$ Гц. Крутизна спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) за частотой среза составляет 12 дБ/окт. Чувствительность датчика - $0,1$ В / g .

Для выделения информативных участков спектра колебаний разработан блок активных *RC* - фильтров нижних частот, представляющий собой систему трехзвенных фильтров, АЧХ которых аппроксимированы полиномами Баттерворта. Крутизна затухания фильтров за частотой среза составляет 18 дБ/окт., при нелинейности характеристик: амплитудно-частотной - $\pm 5\%$, фазо-частотной - $\pm 3\%$. Частоты срезов фильтров устанавливаются дискретно в диапазоне от 4 до 500 Гц.

Изложены требования, предъявляемые к аппаратуре точной магнитной записи, используемой при поездных динамических испытаниях подвижного состава. Разработан 24-х канальный магнитограф, состоящий из двух блоков: блока записи, используемого в качестве регистратора при поездных испытаниях, и блока воспроизведения, предназначенного для работы в обрабатывающем комплексе.

Отличительной особенностью разработанного магнитографа, по сравнению с аналогичными промышленными приборами, является значительное число каналов, а также наличие устройств, позволяющих оперативно производить регистрацию и контроль записываемых процессов. Предусмотрена возможность автоматического ввода записанной информации в обрабатывающие устройства. Обладая высокой чувствительностью, магнитограф позволяет записывать сигналы практически от любого источника, в том числе и от устройств, рассчитанных на работу с магнитоэлектрическими гальванометрами.

Для определения текущих значений скорости движения вагонов разработан электронно-механический speedometer с цифровым отсчетом. В устройстве использован частотный способ измерения угловой скорости вращения колесной пары, который исключает погрешности, присущие тахогенераторным датчикам.

Электропитание комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры обеспечивалось электронным устройством, преобразующим напряжение вагонной батареи аккумуляторов в напряжение переменного тока промышленной частоты.

Для оперативного анализа исследуемых процессов создан обрабатывающий комплекс, состоящий из блока фильтров нижних частот, амплитудного анализатора, многоканального дисперсиометра и устройства для определения коэффициента запаса устойчивости колесной пары от схода с рельсов.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям.

Изложена методика оценки изменения динамических показателей вагонов в условиях естественного износа при комплексном влиянии всех нагрузок, режимов и внешних воздействий в течение достаточно длительного периода времени. Для реализации программы исследований опытные вагоны были включены в состав, который обрабатывал

ся по замкнутому маршруту протяженностью 1225 км. В ходе поездной работы проведен ряд опытных заездов, сопровождавшихся измерениями динамических процессов. На пунктах промежуточных остановок обобледавались ходовые части и снимались профилограммы поверхностей катания колес. Наличие на экспериментальном направлении разнородных участков пути позволяло достаточно полно оценить изменения динамических показателей вагонов в типичных условиях янтенной эксплуатации.

Всего было выполнено шесть опытных заездов, из которых первые пять проводилась при постепенном увеличении износа о примерно равными интервалами как по времени, так и по пройденному пути. Шестой заезд выполнялся после восстановления путем обточка профилей катания колес. Это позволило оценить влияние состояния пути, износов узлов опирания кузова на тележки и элементов рессорного подвешивания на динамические показатели исследуемых вагонов.

В результате обработки профилограмм установлены зависимости износа поверхностей катания колес обоих вагонов. Подтверждены данные об изменении очертания рабочих поверхностей колес о увеличением пробега. На основании анализа профилограмм установлено, что прокат колес опытных тележек (50X-508) меньше, чем у стандартных. Большой подрез гребней отмечен для колес опытной тележки. На основании статистических данных, полученных в результате обработки профилограмм, установлены параметры, характеризующие очертание профиля поверхности катания изношенного колеса.

Значения эффективной коничности μ_z колес определялись путем анализа сопряжения поверхностей катания колес и рельсов. Установлено, что при начальном пробеге значения μ_z для колес обоих вагонов близки 0,05. Максимальному пробегу (170 тыс. км.)

соответствуют следующие значения: $\mu_s = 0,1$ - для колес стандартного вагона и $\mu_s = 0,07$ - для колес вагона с тележкой 50X-508.

В опытных поездках измерялись и регистрировались следующие величины, характеризующие боковые колебания вагонов:

- горизонтальные поперечные ускорения кузова (у пятника)
- \ddot{y}_i
- углы поворота кузова в вертикальной поперечной плоскости шкворневого сечения относительно наддресорных балок (перевалка кузова) - θ_i
- углы поворота в плане наддресорных балок относительно кузова (влияние тележки) - ψ_i
- горизонтальные и вертикальные прогибы рессорных комплектов - y_i z_i

Магнитограммы динамических процессов, полученные в ходе эксперимента, обрабатывались с помощью как цифрового, так и аналогового комплексов. При обработке определялись оценки математического ожидания, дисперсия и с.к.о., а также распределения мгновенных значений амплитуд динамических процессов, характеризующих боковые колебания исследуемых вагонов, при постоянных скоростях движения в диапазоне 40-80 км/ч.

Получены спектральные плотности процессов влияния тележек, боковой качки и горизонтальных поперечных ускорений кузовов обоих вагонов. Определены доверительные интервалы статистических оценок. При доверительной вероятности равной 0,95 доверительные интервалы оставили $(1 \pm 0,027)\sigma^2$ для дисперсии и $(1 \pm 0,240)S_{(n)}$ для спектральной плотности.

При сопоставлении результатов обработки магнитных записей, полученных в заездах с минимально изношенными колесами и восстановленными, отмечается, что динамические показатели грузовых ва-

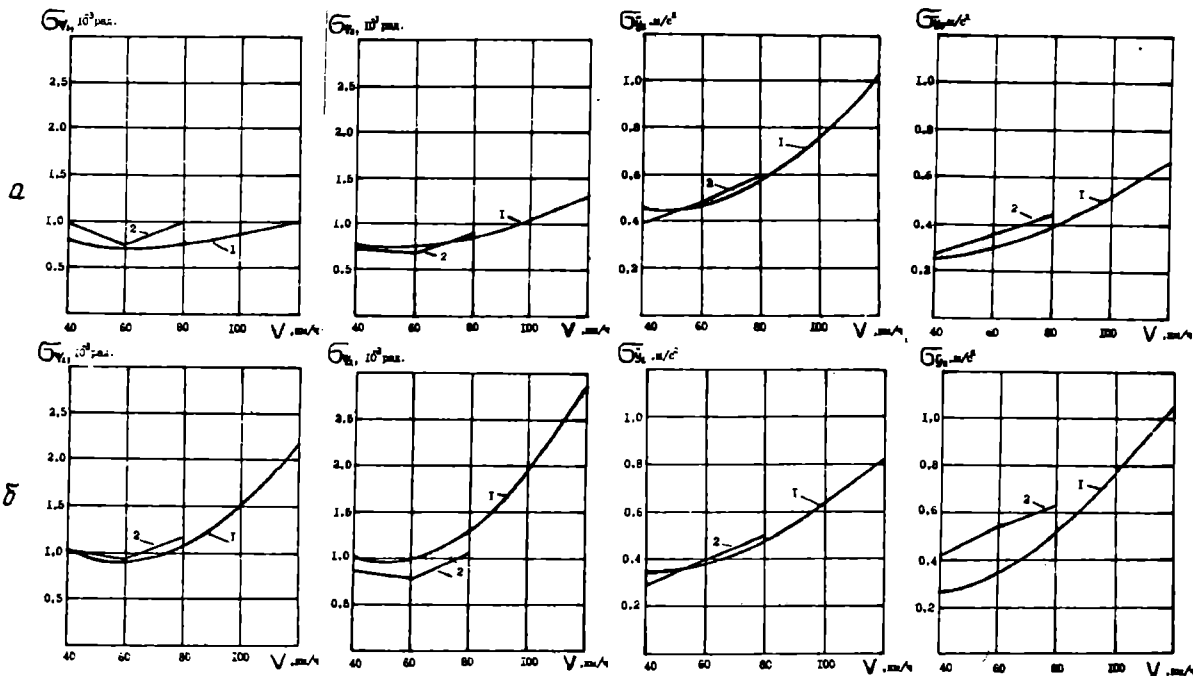
гонов, определяемые боковыми колебаниями, зависят, в основном, от степени износа поверхностей катания колес. Оказалось, что износы взаимодействующих частей элементов подвешивания и узлов опирания кузова на тележки после года интенсивной эксплуатации на исследуемые динамические показатели существенно не повлияли.

На рисунке представлены зависимости оценок динамических показателей от скорости движения, полученные путем математического моделирования и при эксперименте, для случаев начального и максимального пробега вагонов. Отмечается достаточно хорошее согласование результатов математического моделирования с экспериментальными данными, что свидетельствует о корректности математической модели. Расхождение результатов, в основном, не превышает 15-25%. Расхождение до 40% отмечено лишь для оценок горизонтальных поперечных ускорений \ddot{y}_2 , измеренных на низких скоростях движения при величине пробега 170 тыс. км. С увеличением скорости движения отмечается тенденция к уменьшению расхождений результатов.

Отмечено, что значения углов крена тележек φ_1 и φ_2 и боковой качки кузова θ_1 с ростом скорости движения вначале незначительно снижаются, а затем, при $V > 60$ км/ч, повышаются. Амплитудные значения угловых перемещений θ_1 существенно (в 3-5 раз) превышают θ_2 . Горизонтальные поперечные ускорения полувагонов с тележками обоих типов при возрастании скорости движения увеличиваются. Более интенсивный рост ускорений наблюдается в диапазоне повышенных скоростей.

Установлено, что увеличение эффективной коничности колес вследствие износа приводит к возрастанию амплитуды и к повышению частоты угловых перемещений тележек в плане. При этом возрастают также значения горизонтальных поперечных ускорений ку-

4847a



Зависимости среднеквадратичных отклонений $\sigma_{F_{\text{вн}}}$ и $\sigma_{M_{\text{вн}}}$ от скорости движения V в начальной стадии эксплуатации (а) и после пробега вагонов 170 тыс.км (б), полученные путем математического моделирования (1) и экспериментально (2)

17

б

зовов вагонов и уровень их боковой качки.

Значения горизонтальных поперечных ускорений \ddot{y}_2 (полувагон на модернизированных тележках) на 20–30% ниже, чем \ddot{y}_1 (стандартный полувагон). По данным, соответствующим пробегу 170 тыс. км, уровни ускорений \ddot{y}_1 и \ddot{y}_2 при повышенных скоростях движения близки между собой. Вертикальные ускорения кузова вагона с тележками типа 50Х–508 на протяжении всего цикла исследований оставались ниже, чем у стандартного.

С увеличением пробега вагонов их динамические показатели, определяемые боковыми колебаниями, ухудшаются. Так, после пробега 170 тыс. км дисперсия горизонтальных поперечных ускорений кузова полувагона на стандартных тележках увеличилась (в зависимости от скорости движения) в 1,5–1,9 раза, а дисперсия ускорений кузова полувагона с тележками типа 50Х–508 возросла в 2,5 раза по сравнению с исходными значениями.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Построены математические модели, позволяющие исследовать боковые колебания четырехосных полувагонов при наличии эксплуатационных износов колесных пар.

2. Получены зависимости от скорости движения некоторых показателей динамической нагруженности полувагонов при движении по прямым участкам пути с установившимися скоростями от 40 до 120 км/ч. При этом учитывался износ рабочих поверхностей колесных пар, соответствующий начальному (5 тыс. км) и максимально достигнутому в эксперименте (170 тыс. км) пробегам.

3. Путем математического моделирования получены данные об изменении динамических качеств грузовых вагонов при увеличении износа поверхностей катания колес. Для параметров, соответствующих состоянию ходовых частей после пробега 170 тыс. км, характерно, что уровень горизонтальных ускорений, отмеченный для по-

лувагона на опытных тележках, остается более низким, чем для стандартного полувагона. Расчетные данные достаточно хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований.

4. Разработана и апробирована методика экспериментальных исследований, позволяющая изучать изменение динамических показателей железнодорожного подвижного состава вследствие естественного износа ходовых частей в условиях интенсивной эксплуатации.

5. Создана специализированная измерительно-регистрающая аппаратура, включающая датчики перемещений и ускорений, устройство точной магнитной записи, согласующие и вспомогательные приборы. Характерным для разработанного комплекса аппаратуры является достаточная для практических целей точность измерений, компактность, экономичность по электропитанию, надежность в эксплуатации. Применяемый способ монтажа аппаратуры позволяет существенно сократить время подготовки к эксперименту.

6. Разработан комплекс аппаратуры, предназначенный для оперативной обработки динамических процессов, позволяющий с приемлемой точностью определять оценки динамических показателей подвижного состава как в стационарных условиях, так и в ходе эксперимента.

7. На основании результатов статистической обработки профиллограмм, полученных в ходе эксперимента, установлена зависимость изменения проката и формы профиля поверхности катания колес от величины пробега. Предложена методика приближенной оценки величины пробега, соответствующего заданному износу колесных пар для перспективных двухосных тележек грузовых вагонов.

8. Сопоставлением данных, полученных как расчетным путем, так и экспериментально, для полувагонов с ходовыми частями обоих типов, установлено, что по рассматриваемым динамическим

характеристикам опытная конструкция превосходит типовую.

9. Результаты выполненных исследований использованы Уралвагонзаводом при разработке перспективной тележки грузовых вагонов.

10. Созданный и используемый при выполнении экспериментальной части работы комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры используется в ДИИТе и в других организациях для изучения динамики подвижного состава.

11. Поскольку динамические показатели грузовых вагонов, связанные с боковыми колебаниями, существенно зависят от износов ходовых частей, целесообразно в процессе ходовых испытаний оценивать влияние износов на динамические показатели.

12. Разработанные в диссертации требования к измерительно-регистрирующей аппаратуре и конкретные устройства, входящие в комплекс аппаратуры, могут быть использованы при создании систем диагностики технического состояния элементов ходовых частей (колесных пар, средств демпфирования колебаний и т.п.).

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. А.с. 305491 (СССР). Амплитудный анализатор распределенных непрерывных случайных процессов /Л.А.Манашкин, Н.Г.Баранов, Л.А.Ващурия, В.М.Михайленко. - Опубл. в Б.И., 1971, №18.

2. Михайленко В.М., Оптовец С.П. Аппаратура для измерения ускорений при динамических испытаниях подвижного состава. - В кн.: Проблемы механики наземного транспорта. Изд. ДИИТа, вып. 195/24. Днепропетровск, 1977, с. 90-92.

3. Об автоматизации обработки опытных данных для оценки условий безопасности движения железнодорожных экипажей /А.И.Зиняк, В.М.Михайленко, А.Р.Поплавская и др. - Днепропетровск, 1978. - 10 с. - Рукопись представлена Днепропетровским инсти-

тутом инженеров железнодорожного транспорта. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 14 июня 1978, № 675-78.

4. Михайленко В.М., Оптовец С.П. Применение параметрических акселерометров на основе полупроводниковых тензорезисторов для динамических испытаний подвижного состава. - Днепропетровск, 1978. - II с. - Рукопись представлена Днепропетровским институтом инженеров железнодорожного транспорта. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 14 июня 1978, № 676-78.

5. А.с. 645178 (СССР). Устройство для определения коэффициента запаса устойчивости колесной пары транспортного средства /М.Б.Кельрих, Л.А.Манашкин, Е.Л.Стамблер, В.М.Михайленко и А.И.Паламаренко. - Оpubл. в Б.И., 1979, № 4.

6. Об эксплуатационных испытаниях грузовых вагонов с опытными ходовыми частями /Ю.В.Демин, В.А.Калашник, М.Л.Коротенко, Д.Д.Мехов, В.М.Михайленко. Тез. докл. Всесоюзн. конф., Днепропетровск, 1980, Киев, Наукова думка, с. 46-47.

7. Михайленко В.М. Многоканальный блок фильтров, предназначенный для экспериментальных исследований динамики подвижного состава. - В кн.: Проблемы механики железнодорожного транспорта. Тез. докл. Всесоюзн. конф. (Днепропетровск, 1980) - Киев: Наукова думка, с. 97-98.

8. Михайленко В.М. Комплекс измерительно-регистрающей аппаратуры для исследования динамических качеств подвижного состава в процессе длительной эксплуатации. - В кн.: Проблемы динамики и прочности железнодорожного подвижного состава. Изд. ДИИТА, вып. 210/27. Днепропетровск, 1980, с. 128-132.

9. Некоторые результаты испытаний грузовых вагонов в условиях эксплуатации /Ю.В.Демин, В.А.Калашник, М.Л.Коротенко, Д.Д.Мехов, В.М.Михайленко, О.М.Савчук. - В кн.: Проблемы динамики и прочности железнодорожного подвижного состава. Изд.

ДИИТа, вып. 220/28. Днепропетровск, 1981, с. 34-40.

Ю. Михайленко В.М., Оптовец С.П. О получении некоторых статистических характеристик в процессе испытаний подвижного состава. - В. кн.: Проблемы динамики и прочности железнодорожного подвижного состава. Изд. ДИИТа, Днепропетровск, 1982, с. 49-53.

II. Исследование боковых колебаний грузовых вагонов в условиях эксплуатации /Ю.В.Демян, М.Л.Коротенко, В.М.Михайленко, О.М.Ратникова. - Днепропетровск, 1982. - 42 с. - Рукопись представлена Днепропетровским институтом инженеров железнодорожного транспорта. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1 февраля 1983, № 1954-83.

Автореферат.

БТ 70309. Подписано к печати 26.03.84г. Формат 60х84/16
Бумага писчая. Печать плоская. Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100
Заказ №3486. Бесплатно. Городская типография №3. Днепропетровского областного управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 320000 г. Днепропетровск
ул. Серова, 7.

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ