

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ М.И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

ЖАНОВСКИЙ АЛЕКСАНДР ДМИТРИЕВИЧ

УДК:629.4.027.2.23.001.57

Снижение нагруженности и повышение долговечности  
основных элементов ходовых частей четырехосных  
грузовых вагонов  
(05.22.07 – Подвижной состав железных дорог и  
тяга поездов)

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

Днепропетровск  
1991

НТБ  
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта им. М.И. Калинина

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор  
Л.А. МАНАШКИН.

Официальные оппоненты: Доктор технических наук Д.В. ДЕМИН,  
кандидат технических наук,  
Г.В. КУСТИН

Ведущее предприятие: Приднепровская ордена Ленина  
железная дорога

Защита диссертации состоится " 13 " декабрь 1991 г.  
в 15 ч. 00 мин. на заседании специализированного Совета  
К ИИ4.07.01 в Днепропетровском ордена Трудового Красного  
Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта  
им. М.И. Калинина по адресу: 320700, ГСП, Днепропетровск,  
ул. Академика Лазаряна, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

НТБ  
ДНУЖТ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

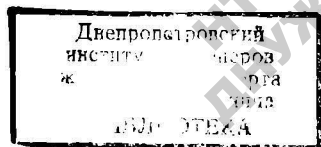
Актуальность темы. Одним из важнейших путей повышения эффективности работы железнодорожного транспорта в нашей стране является увеличение интенсивности использования подвижного состава. В этом направлении решаются такие задачи, как повышение грузоподъемности вагонов и увеличение массы поезда, сокращение простоев вагонов под погрузкой и выгрузкой, повышение скоростей движения поездов. В настоящее время особое внимание уделяется улучшению использования подвижного состава, ставятся задачи создания и выпуска новых вагонов с улучшенными технико-экономическими параметрами, способных обеспечить повышение провозной способности железных дорог и снижение затрат времени на доставку народнохозяйственных грузов.

За последние годы темпы роста интенсивности использования подвижного состава значительно увеличились. Изменения условий эксплуатации вагонов значительно влияют на надежность и долговечность деталей ходовых частей. В связи с этим становится актуальной проблема улучшения динамических качеств узлов опирания вагонов с разработкой обоснованных модернизаций, повышающих эксплуатационную надежность деталей ходовых частей.

Цель работы. Разработка рекомендаций для снижения нагруженности и повышения долговечности основных элементов ходовых частей четырехосных грузовых вагонов.

Методика исследований. Выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по изучению износов деталей ходовых частей вагонов, причин образования сверхнормативных износов этих деталей. Достоверность полученных выводов и рекомендаций подтверждается соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна. Определены причины образования сверхнормативных износов корпусов букс, пятников, подпятников, наддрессорных балок и буксовых проемов боковых рам тележек. Разработана математическая модель динамического взаимодействия "пятник-подпятник". Даны практические рекомендации по устранению износов. Разработана методика прогнозирования долговечности пары "пятник-подпятник".



Практическая ценность. Предлагаемый усовершенствованный клин фрикционного гасителя колебаний тележки ЦНИИ-ХЗ, разработанный в результате проведенных исследований, позволит в значительной мере уменьшить износы пары "пятник-подпятник" (более чем в два раза), а корпус буксы симметричной конструкции из алюминиевого сплава - устранить износы буксовых проемов боковых рам тележки и в двое увеличить долговечность самого корпуса.

Реализация работы. Диссертационная работа выполнена по результатам исследований, которые проведены автором при выполнении научно-исследовательских работ в рамках научно-технической программы ГНТ СССР 0.09.06 "Создать и освоить производство корпусов букс из алюминиевых сплавов для перевода грузовых железнодорожных вагонов на подшипники качения и выпуска на них новых грузовых вагонов" и в соответствии с приказами МПС №48Ц от 25.12.85г., №Т-450у от 26.01.87г.

В полном объеме закончены эксплуатационные испытания корпусов букс из алюминиевых сплавов. Выпуск корпусов букс симметричной конструкции из сплава АМг-6 освоен на Люблинском литейно-механическом заводе (г. Москва).

Общий полезный эффект на железнодорожном транспорте от внедрения корпусов букс из алюминиевых сплавов составляет 413,4 руб. на вагон.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на Всесоюзных конференциях "Проблемы механики железнодорожного транспорта" в Днепропетровске (1984., 1988г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Перспективы развития вагоностроения" в Москве (1988г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Методы и средства диагностирования технических средств железнодорожного транспорта" в Омске (1989г.), на научно-технической конференции БелиИЖТа и ДорНТО Белорусской железной дороги "Пути технического перевооружения и модернизации железнодорожного транспорта" в Гомеле (1989г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, получено 3 авторских свидетельства и одно положительное реше-

ние о выдаче авторского свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и 5 приложений. Материал диссертации изложен на 245 страницах машинописного текста, содержит 85 иллюстраций и 30 таблиц. Список использованной литературы насчитывает 123 источника.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию выбранной темы и основных направлений исследований, здесь же изложена цель диссертации.

Большой вклад в развитие науки о движении рельсовых экипажей внесли советские ученые Е.П. Блохин, Ю.П. Бороненко, М.Ф. Вериго, С.В. Вершинский, Л.О. Грачева, В.Н. Данилов, В.Д. Данович, Д.В. Демин, Н.М. Ершова, И.П. Исаев, Л.А. Кальницкий, А.А. Камаев, В.А. Камаев, Н.А. Ковалев, М.Л. Ковалев, М.Л. Коротенко, В.Н. Котуранов, Н.И. Кудрявцев, В.А. Лазарян, В.В. Лукин, А.А. Львов, В.Б. Медель, Л.А. Манашкин, Е.И. Никольский, Л.И. Никольский, Н.А. Панькин, М.П. Пахомов, И.П. Петров, А.А. Попов, Ю.С. Ромен, А.Н. Савоськин, М.М. Соколов, Т.А. Тибилова, В.Ф. Ушкалов, В.Н. Хусидов, И.И. Челноков, Л.А. Шагур, П.В. Шевченко, В.Ф. Яковлев и другие, а также зарубежные исследователи И. Боймель, Д.Л. Кофман, Г. Марье, Е. Шперлинг, которыми решен ряд задач динамики рельсовых экипажей, позволяющих теоретически оценивать ходовые качества подвижного состава различных типов.

Однако до настоящего времени недостаточно изученной являлась динамика взаимодействия пары "платник-подпятник", а также "букса-боковая рама тележки", что во многом затрудняло разработку мероприятий по уменьшению износов данных деталей ходовых частей.

Этим и определяется основная цель данной работы - разработка рекомендаций снижения нагруженности и повышения долговечности основных элементов ходовых частей четырехосных грузовых вагонов.

В первой главе отмечен значительный вклад в развитии механики износа, трибологии, контактного взаимодействия твердых тел Б.Д. Воронкова, И.В. Крагельского, А.С. Ахматова, Б.И. Костецкого, И.М. Любарского, Н.А. Буше, Д. Бакли, Ф.П. Боудена,

Д. Гейбора. Труды проф. С.В. Алехина, В.Н. Данилова, А.Н. Савоськина, Н.П.Зобнина, И.П. Исаева, Б.Г. Кеглина, В.А. Кислика, Т.В. Ларина, Н.А. Малоземова, А.П. Приходько, И.И. Челнокова способствовали повышению надежности работы деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта, становлению и развитию теории надежности и долговечности транспортных машин.

Выполнен анализ работ, посвященных повышению надежности и долговечности деталей ходовых частей грузовых вагонов. На основании этого анализа определены задачи теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в диссертации.

Во второй главе изложена методика организации и проведения эксплуатационных испытаний по исследованию износов деталей ходовых частей вагонов, результаты испытаний и теоретические исследования причин возникновения износов.

Результаты эксплуатационных испытаний показали, что износы деталей ходовых частей вагонов образуются и интенсивно растут по величине в продольном направлении.

Теоретические исследования показали, что приводящие к продольному износу смещения пятников относительно подпятников появляются в основном при движении порожних вагонов в порожних составах поездов. В груженных составах продольные силы взаимодействия пятников с подпятниками возникают без их смещения друг относительно друга за счет сил трения распределенных по всей площади контакта опорных поверхностей. В порожних составах продольные силы упругого взаимодействия пятников с подпятниками существенно превышают силы трения (и силы взаимодействия в груженных составах) и осуществляются контактом боковой грани пятника с внутренней поверхностью бурта подпятника, что и способствует их взаимному износу. На рис. 1 представлены прямые, проведенные через максимальные значения сил взаимодействия в пятниковом узле  $S_{i1}''$  и  $S_{i2}''$  для третьего и тридцать шестого вагонов, характеризующие распределение этих сил вдоль состава поезда при различных переходных режимах движения поезда.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям нагруженности шкворневого узла грузового вагона и взаимным перемещениям деталей ходовых частей в динамике. Полученные результаты экспериментальных исследований, весьма наглядно показывают, что увеличение скорости движения, а также возмущения ее,

Графики распределения сил взаимодействия  
вдоль состава поезда

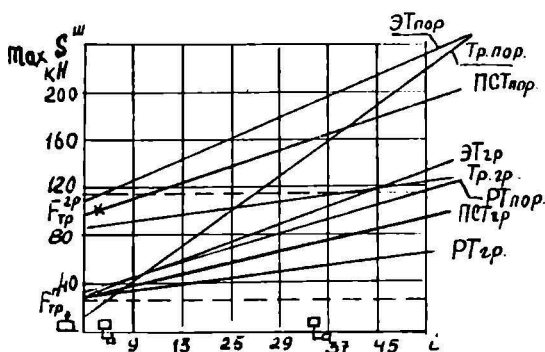


Рис. 1

вызывавшие продольные колебания поезда, приводят к значительному увеличению размаха перемещения пятника кузова вагона относительно подпятника тележки. Такое взаимодействие в шкворневом узле вагона характерно при движении поезда в порожнем режиме.

На рис. 2 представлены дифференциальное а) -  $f'(x)$  и интегральное б) -  $f(x)$  распределения продольного взаимного перемещения пятника по подпятнику в условиях движения порожнего состава.

Амплитудная обработка всех регистрируемых процессов динамических испытаний двух вагонов в опытном маршруте, проводимых с целью исследования влияния износов на динамические качества вагонов показала, что уровень перемещений и ускорений деталей ходовых частей в целом значительно выше при движении поезда в порожнем состоянии, чем в груженом. Например, вертикальные ускорения кузовов вагонов и надрессорных балок тележек в груженом состоянии близки друг к другу по величине и не превышают  $0,380 g$ . В порожнем режиме ускорения надрессорной балки превышают ускорения кузова в 1,2-1,4 раза.

Из обработанных результатов экспериментов, следует, что

Движение по прямой с РТ и отпуском тормозов  
( $V = 90-45$  км/ч)

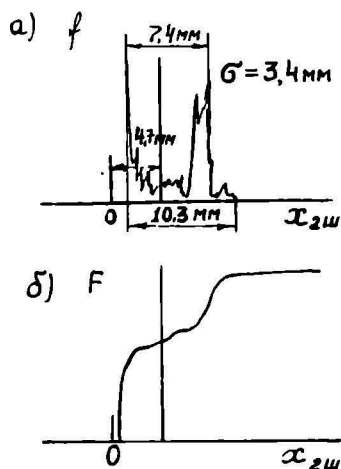


Рис.

максимальные перемещения наддрессорной балки в горизонтальной и вертикальной плоскостях возникают при переходных режимах движения (торможения, рекуперация), и величины перемещений при груженом режиме значительно ниже, чем в порожнем. Вертикальные перемещения боковой рамы тележки относительно корпуса буксы в порожнем режиме вызывают взаимное трение мест сочленения чело ст корпуса буксы и боковой рамы. Это и является причиной увеличенного износа в буксовых проемах боковых рам тележек.

В процессе испытаний исследовались усилия в наружном бурте подпятника и перемещение пятника по подпятнику для третьего вагона поезда. Результаты обработки показали, что наибольшие их величины зарегистрированы при переходных режимах движения в порожнем состоянии (торможения, набор тяги, рекуперация). Значение перемещения составило 9,7 мм, а максимальное усилие в этом случае 94 кН, что на 6% отличается от результатов предварительно проведенных теоретических исследований (см. рис. I, "звездочка").

В четвертой главе рассматриваются пути решения проблемы износов деталей ходовых частей грузового вагона. Раздел 4.1 посвящен исследованиям по применению металлоплакирующих (твердосмазочных) покрытий и полимерных прокладок. Табл. 1 характеризует эффективность применения твердосмазочных покрытий (ТСП).

Таблица 1  
Сравнение эффективности твердосмазочных покрытий (ТСП) различного состава

Характеристика состава ТСП	Усл. № составов ТСП	Средний зазор до испытаний	Средний износ, мм						
			подпятника		пятника		суммарный		
			сечения						
		I-I	2-2	I-I	2-2	I-I	2-2	I-I	2-2
Без покрытия	-	11,0	3,0	6,2	1,3	4,1	0,9	10,3	2,2
ТСП без металлов	49, 50, 54	12,8	2,6	3,6	3,9	6,1	1,2	9,7	5,1
ТСП с ферросплавом	37, 43 45, 46	11,6	4,2	4,7	1,9	3,5	0,1	8,2	2,0
ТСП с мягкими металлами	40, 48, 55, 57, 27, 51, 56	13,7	3,3	3,4	1,0	3,5	0,5	6,9	1,5
		14,5	3,6	2,2	0,7	1,1	0	3,3	0,7

Использование различных полимерных прокладок в узлах опирания грузовых вагонов позволяет уменьшить износы подпятников в 3,6, а пятников - 5,6 раз.

Однако, несмотря на столь положительный эффект, применение ТСП и полимерных прокладок не обеспечивает эксплуатационных требований с точки зрения надежности и долговечности их рабочего состояния.

Конструктивно-техническое решение применения упругого клина гасителя колебаний обеспечивает упругую связь между наддрессорной балкой тележки и боковой рамой и тем самым уменьшает силовое взаимодействие пары "пятник-подпятник" и снижает интенсивность образования износов.

Корпус буксы из алюминиевых сплавов, обладающий высокой

упругостью, способностью демпфировать высокочастотные вибрации и выполняющий функцию упругой прокладки между неподдресоренными массами колесной пары и боковой рамы тележки, в значительной мере снижает уровень динамических сил воздействия на путь и кузов вагона, тем самым увеличивает долговечность боковых рам тележек за счет уменьшения износов в буксовых проемах.

В пятой главе изложены материалы теоретических и экспериментальных исследований работы упругих клиньев фрикционных гасителей колебаний тележки ЦНИИ-ХЗ.

В основе математической модели вагона для исследования работы упругих клиньев используется аппарат теории обыкновенных дифференциальных уравнений, которые получены на основе уравнений Лагранжа II рода (рис. 3). Движение  $n$  вагонов поезда в вер-

Расчетная схема вагона

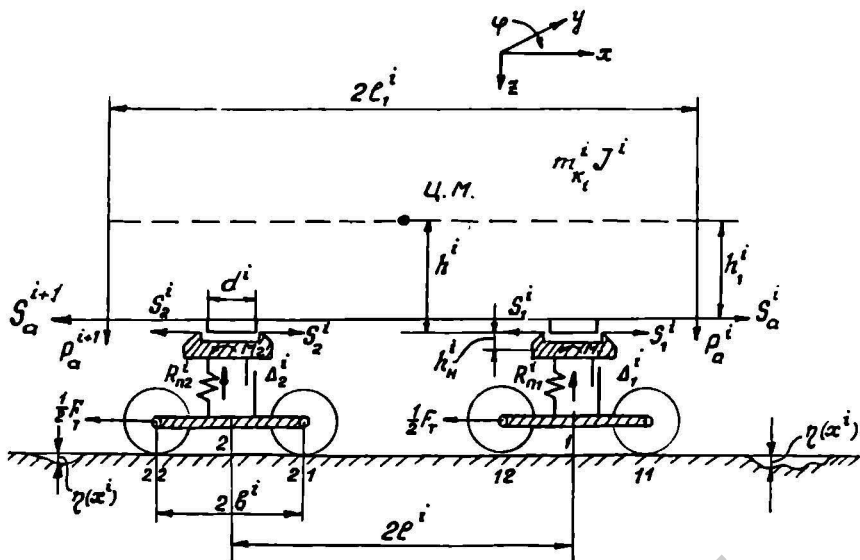


Рис. 3

НТБ  
ДНУЖТ

тикальной продольной плоскости описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений 14-го порядка и одного первого порядка, определяющего положение локомотива поезда на трассе пути. Разработанная математическая модель позволяет производить оценку наработки на износ бурта  $j$ -того подпятника  $i$ -того вагона по работе  $A_{j=1,2}^i$  сил трения между ним и пятником, которую при расчетах можно определить, интегрируя соотношение

$$A_{j=1,2}^i = \mu_n (|S_j^i| - |S_{jip}^i|) G_i (|S_j^i| - |S_{jip}^i|) (d^i \gamma_j^i + \delta_{zj}^i)$$

где

$$\gamma_j^i = \begin{cases} 0 & , \text{ если } (\varphi^i - \varphi_j^i) = 0 \\ |\varphi^i - \varphi_j^i| & , \text{ если } (\varphi^i - \varphi_j^i) \neq 0 \end{cases}$$

$$\delta_{zj}^i = \begin{cases} 0 & , \text{ если } x^i + z^i + (-1)^{j-1} \varphi^i l^i \geq 0 \\ |x^i + (-1)^{j-1} l^i \varphi^i| & , \text{ если } x^i + z^i + (-1)^{j-1} \varphi^i l^i < 0 \end{cases}$$

$\mu_n$  - коэффициент силы трения взаимодействия пятника с подпятником;

$S_{jip}^i$  - сила трения пятника по подпятнику;

$S_j^i$  - продольная сила взаимодействия кузова вагона с тележками;

$x^i$  - продольное перемещение центра массы кузова вагона;

$z^i$  - вертикальное перемещение центра массы кузова;

$l^i$  - статический прогиб рессорных комплектов;

$\varphi^i, \varphi_j^i$  - углы поворота вокруг оси кузова и наддресорных балок тележек;

$2l^i$  - база вагона.

Полагая, что количество изношенного материала пропорционально работе сил трения, определен коэффициент пропорциональности, связывающий величину работы сил трения с величиной износа рассматриваемых элементов. Найденный коэффициент позволяет по работе сил трения на стандартном пробеге (например, 100 тыс. км) определить величину изношенной массы металла каждой детали рассматриваемого узла. Разработанная методика позволяет с достаточной для практики точностью прогнозировать величину

ны износов и, следовательно, их долговечность.

При проведении экспериментальных исследований работы упругих клиньев в составе оптимального маршрута выявлено уменьшение величин перемещений надрессорной балки тележки при продольной перевалке более чем в 2 раза для скоростей движения 80-100 км/ч. Это позволяет сделать вывод о том, что применение упругих клиньев дает возможность поворачиваться надрессорной балке относительно своей продольной оси и следовательно уменьшает взаимные перемещения наружного бурта подпятника и края пятника. Полученная ситуация позволит соответственно уменьшить износ этих деталей. Применение упругих клиньев позволит снизить уровень продольных и вертикальных ускорений надрессорной балки тележки соответственно на 20 и 22%.

Расчеты, проведенные с использованием разработанной модели, показали, что при различных режимах движения изменение параметров упругих клиньев по разному влияет на величину работы сил трения. Для выбора оптимальных значений этих параметров в качестве критерия был выбран минимум суммы работы  $\bar{A}$  по истиранию пятника и подпятника при различных режимах движения

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^n \alpha_i A_i$$

где,  $n$  - число рассматриваемых режимов (трогание, полное служебное и регулировочное торможение в сочетании с переломом продольного профиля);

$\alpha_i$  - вероятность  $i$ -го режима;

$A_i$  - величина работы по истиранию элементов пятникового узла при  $i$ -ом режиме.

В процессе исследований варьировались значения двух параметров - жесткости клиньев  $K_{кл}$  и коэффициента вязкости  $B_{кл}$ , которые определяют величину, действующего на надрессорную балку при ее повороте относительно рамы тележки, возвращающего момента

$$M_{\tau} = K_{кл} \cdot 2b^2 (\varphi_{\delta} - \varphi_{\tau}) + B_{кл} \cdot 2b^2 \cdot K_{кл} (\dot{\varphi}_{\delta} - \dot{\varphi}_{\tau})$$

где,  $2b$  - расстояние между осями пружин, на которые опираются упругие клинья гасителей колебаний;

$(\varphi_{\delta} - \varphi_{\tau})$  - разность углов поворота надрессорной балки и тележки;

$(\dot{\psi}_\delta - \dot{\psi}_r)$  - разность угловых скоростей поворота наддрессорной балки и тележки.

На рис. 4 представлены зависимости работ сил трения от параметров упругих клиньев при различных режимах движения вагона в середине поезда, состоящего из 48 порожних вагонов.

Зависимости работ сил трения от параметров упругих клиньев

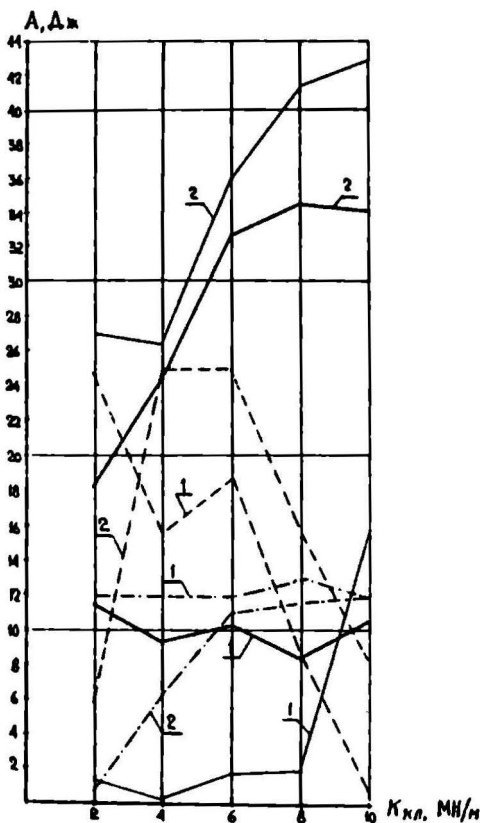


Рис. 4

НТБ  
ДНУЖТ

Графики с индексом I построены для  $\beta_{кл} = 0,25с$ , а с индексом 2 -  $\beta_{кл} = 0,025с$ . Сплошной линией показаны зависимости для трогания поезда с места, штриховой - полного служебного торможения, штрихпунктирной - регулировочного торможения при движении по переломам продольного профиля пути.

Зависимости величин приведенной работы сил трения показаны основной линией.

Из анализа данных расчетов видно, что наименьшее значение приведенной работы  $\bar{A}$  имеет место  $k_{кл} = 8МН/м$ , и  $\beta_{кл} = 0,25с$  и равно  $\bar{A}_{опт} = 8,7Дж$ .

Величина  $\bar{A}$ , определенная подобным образом для вагона, оборудованного стандартными (типовыми) клиньями гасителей колебаний, составляет  $\bar{A} = 18,Цж$ .

Следовательно, применение предлагаемых упругих клиньев позволяет более чем в 2 раза уменьшить износ элементов пятникового узла и, тем самым, повысить надежность его работы.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов эксплуатационных испытаний показал, что износы деталей ходовых частей вагонов образуются и интенсивно растут по величине в продольном направлении.
2. Износ букс, направляющих боковых рам тележек, оборудованных колесными парами с корпусами букс из алюминиевого сплава, не наблюдается.
3. Разработанная математическая модель продольного взаимодействия "пятник-подпятник" позволяет определить их силовое взаимодействие, которое существенно превышает силы трения (и силы взаимодействия в груженом состоянии) при движении вагонов в порожнем состоянии и является причиной сверхнормативных износов.
4. Результаты экспериментальных исследований подтверждают расчетные данные продольных сил взаимодействия пятника с подпятником при переходных режимах движения в порожнем состоянии. Замеренное усилие в наружном бурте подпятника 94 кН при торможении в третьем вагоне от головы поезда хорошо совпадает с данными расчетов. Отличие составляет 6%.
5. Применение металлоплакирующих покрытий не дает положитель-

- ных результатов в целом, т.к. требует значительных затрат на всевозможные мероприятия (периодичность нанесения, специальная подготовка поверхностей и т.п.).
6. Полимерные прокладки, устанавливаемые в пятниковый узел вагонов весьма эффективны. Однако, с точки зрения надежности и долговечности их рабочего состояния, прокладки не обеспечивают эксплуатационных требований.
  7. Конструктивно-техническое решение применения клиньев с упругими прокладками позволит уменьшить силовое взаимодействие пары "пятник-подпятник" и этим самым снизит интенсивность образования износов.
  8. Широкое внедрение корпусов букс из алюминиевых сплавов увеличит долговечность боковых рам тележек за счет уменьшения износов в буксовых проемах.
  9. Разработана математическая модель для исследования колебаний вагона в продольной вертикальной плоскости, оборудованного клиньями с упругими прокладками. Данная модель позволяет:
    - рассчитать величины работы сил трения при перемещениях пятника относительно подпятника, как меры износа этих деталей;
    - определить оптимальные параметры упругих клиньев.
  10. Разработана методика расчетной оценки величин износа пятникового узла грузового вагона. Погрешность оценки составляет 11%.
  11. Результаты экспериментальных исследований клиньев с упругими прокладками подтверждают теоретические разработки о том, что применение упругих клиньев позволит в два раза уменьшить износ деталей пятникового узла грузового вагона и тем самым повысить надежность его работы.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. А.с. 1337298 СССР, МКИ<sup>4</sup> В61F5/12. Гаситель колебаний рельсового транспортного средства/Е.П. Блохин, А.Д. Жаковский и др. № 4004763/27-II; Заявл. 08.01.86; Опубл. 15.09.87, Бюл. №34, С.71.

2. Заявка № 4765111/11 от 05.12.89. Гаситель колебаний рельсового транспортного средства. Е.П. Блохин, А.Д. Жаковский и др. Полож. решение 18.10.90.

3. Бруякин В.К., Жаковский А.Д., Пастернак Н.А., Штыцко П.И.

Результаты прочностных статических испытаний штампованного корпуса буксы из сплава АМг-6//Вопросы улучшения технического содержания вагонов и совершенствования ходовых частей: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1980. С. 62-66.

4. А.с. 1306782 СССР, МКИ<sup>4</sup> В61F5/12. Корпус буксы из алюминиевого сплава для железнодорожного подвижного состава/Н.А. Буше, О.М. Савчук, А.Д. Жаковский и др. №3902791/27-II; Заявл. 19.04.85; Опубл. 30.04.87, Бюл. №16. С. 65.

5. Буше Н.А., Жаковский А.Д. и др. Причины появления овализации внутренней поверхности алюминиевых корпусов букс./Вопросы оптимизации обслуживания вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1985. С. 3-7.

6. Лукин В.В., Копытько В.В., Жаковский А.Д. Экспериментальные исследования вагонных корпусов букс из алюминиевого сплава. В кн.: Проблемы механики железнодорожного транспорта: Тез. докл. всесоюз. конф. Днепропетровск, 1984. С. 200.

7. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д. и др. Математическая модель для исследования нагруженности пятникового узла грузового вагона при колебаниях в вертикальной продольной плоскости//Динамическая нагруженность железнодорожного подвижного состава: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1988. С. 59-69.

8. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д., Грановская Н.И. Продольное взаимодействие пятника и подпятника четырехосного полувагона./Вопросы улучшения ходовых частей и обслуживания вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1987. С. 34-39.

9. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д. и др. Теоретико-экспериментальное определение величины износа пятникового узла грузового вагона./Динамика поезда и подвижного состава железных дорог: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1990. С. 70-75.

10. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д. и др. Теоретическая оценка долговечности (по износу) пятникового узла грузовых вагонов по данным их экспериментальных и ударных испытаний на выносливость. В кн.: Проблемы механики железнодорожного транспорта: Тез. докл. всес. конф. Днепропетровск: ДИИТ, 1988. С. 143.

11. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д. и др. Расчетно-экспериментальный метод прогнозирования сроков ремонта узлов опирания грузовых вагонов. В кн.: Методы и средства диагностирования технических средств железнодорожного транспорта: Тез. докл. всес.

научн.-техн. конф. Омск: ОМИИТ, 1989. С. 204.

12. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д., Грановская Н.И. Примененные упругих клиньев гасителей колебаний.. с целью повышения надежности работы пятникового узла грузового вагона. В кн.: Пути технического перевооружения и модернизации железнодорожного транспорта: Тез. докл. XVI научн.-техн. конф. кафедр БелИИЖТа и ДорНТЮ Бел. ж.д. ч. II: Гомель, БелИИЖТ, 1989. С. 34-35.

13. Манашкин Л.А., Жаковский А.Д., Грановская Н.И. Определение параметров упругих клиньев гасителей колебаний.//Совершенствование технического обслуживания, ремонта и конструкции вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Гомель: БелИИЖТ, 1991. С. 20-24.

14. Манашкин Л.А., Грановская Н.И., Жаковский А.Д. Исследование нагруженности пятникового узла грузового вагона и пути повышения его долговечности. В кн.: Перспективы развития вагоностроения: Тез. докл. всес. научн.-техн. конф. М.: ВНИИВ, 1988. С. 179.

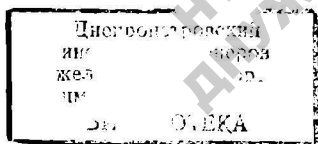
15. Новиков В.В., Цоренко В.Н., Солодухо О.А., Двухглазов В.А., Жаковский А.Д. Детали роликового буксового узла из алюминиевых сплавов.//Вопросы оптимизации деталей тележек и организации обслуживания вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1985. С. 11-15.

16. Савчук О.М., Пастернак Н.А., Жаковский А.Д. Опыт эксплуатации букс с корпусами из алюминиевого сплава в опытных маршрутных поездах ДИИТа. В кн.: Перспективы развития вагоностроения: Тез. докл. всес. научн.-техн. конф. М.: ВНИИВ, 1988. С. 179.

17. Савчук О.М., Жаковский А.Д. и др. Сравнительные стендовые испытания корпусов роликовых букс//Совершенствование конструкций и обслуживания вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1989. С. 12-18.

18. Савчук О.М., Жаковский А.Д. и др. К вопросу исследования износа ходовых частей полувагонов на направлении Кривой Рог-Ужгород.//Колебания и динамические качества железнодорожного подвижного состава; Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1989. С. 40-43.

19. А.с. 1444206 СССР, МКИ<sup>4</sup> В61F15/12 О.М. Савчук, А.Д. Жаковский и др. Роликовая букса железнодорожного транспортного средства. № 4133118/27-II; Заявл. 09.10.86; Опубл. 15.12.86, Бвл. № 46. С. 89.



Жаковский Александр Дмитриевич

Снижение нагруженности и повышение долговечности  
основных элементов ходовых частей четырехосных  
грузовых вагонов

( 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог и  
тяга поездов)

Подписано к печати 23.10.91. Формат 60x84/16. Бумага для  
множительных аппаратов. Печать офсетная. Усл.печ.л.1,04.  
Уч.-изд.л.1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 950. Бесплатно.

Днепропетровский ордена Трудового Красного Знамени институт  
инженеров железнодорожного транспорта им. М.И.Калинина

Адрес института и участка оперативной полиграфии: 320700,  
ГСП, Днепропетровск, 10, ул.Акад.В.А.Лазаряна, 2.