

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
имени М. И. КАЛИНИНА

---

*На правах рукописи*

ИККОЛ Валентин Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
СКОРОСТНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА  
И ИНЕРЦИОННОГО ПУТИ  
С УПРУГИМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ

(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

Днепропетровск  
1977

НТБ  
ДНУЖТ

Работа выполнена в Диспропетровском отделении Института механики Академии наук Украинской ССР.

Научный руководитель:

заслуженный деятель науки УССР, академик АН УССР, доктор технических наук, профессор **В. А. Лазарян**.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук **А. А. Львов**,

доктор технических наук, и. о. профессора **М. Л. Коротенко**.

Ведущее предприятие

Всесоюзный научно-исследовательский проектно-технологический институт вагоностроения.

---

на за-  
юм ин-  
линия



**НТБ  
ДНУЖТ**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность темы. Решение поставленной XXV съездом КПСС задачи по дальнейшему увеличению провозной и пропускной способности железных дорог связано с повышением скоростей движения поездов. Поэтому важное значение приобретает проблема улучшения существующих и создания таких новых конструкций подвижного состава, которые обеспечивали бы необходимую плавность хода и отвечали требованиям безопасности движения при высоких скоростях.

Успешное решение данной проблемы невозможно без проведения теоретических исследований динамических качеств рельсовых экипажей на стадии их проектирования. В связи с этим серьезное внимание необходимо уделять дальнейшему совершенствованию методов решения задач механики рельсового транспорта, уточнению расчетных схем исследуемых механических систем. При выборе расчетных схем необходимо учитывать, в частности, инерционные свойства подрельсового основания, упругие несовершенства кузова и основания, влияние которых может быть существенным при высоких скоростях движения.

Цель работы. Совершенствование методики исследования взаимодействия рельсовых экипажей и пути при высоких скоростях движения; изучение влияния выбора различных моделей и параметров железнодорожного пути и подвижного состава на результаты решения задачи; определение рациональных значений параметров подвешивания перспективных рельсовых экипажей.

Методика исследования. Исследование проведено путем математического моделирования движения исходных механических систем.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА

Дніпропетровського націон.

6811а

Решение дифференциальных уравнений движения выполнено с помощью ЦММ методом численного интегрирования (Адамса-Башфорта) во временной области и методом последовательных приближений - в частотной области. Результаты теоретических исследований сопоставляются с экспериментальными данными.

Научная новизна. Для исследования взаимодействия скоростного подвижного состава и пути построена математическая модель, описывающая вертикальные колебания экипажей с деформируемым кузовом при движении по упруго-вязкому инерционному пути с детерминированными и случайными неровностями. Изучено влияние инерционных и деформативных свойств пути и подвижного состава на величины ускорений и динамических усилий, действующих в элементах конструкции экипажей при высоких скоростях движения.

Практическая ценность. Показана необходимость учета инерционных свойств основания при исследовании колебаний скоростных грузовых и пассажирских экипажей и определены расчетные значения параметров пути, соответствующие его экспериментальным жесткостным характеристикам. Уточнена необходимая степень детализации расчетных схем надрессорного строения экипажей различных типов в зависимости от его параметров. Определена область рациональных значений параметров подвешивания длиннобазной контейнерной платформы, вагонов скоростных поездов РТ-200 и ЭР-200. Хорошее согласование результатов математического моделирования и экспериментальных исследований скоростных рельсовых экипажей свидетельствует о возможности использования применяемой методики для прогнозирования ходовых качеств экипажей на стадии их проектирования.

Реализация в промышленности. Полученные в работе результаты

исследования вынужденных колебаний моторного вагона электропоезда ЭР-200 представлены Рижскому вагоностроительному заводу в качестве рекомендаций по изменению параметров подвешивания вагона с целью улучшения его динамических характеристик. Результаты исследования ходовых качеств длиннобазной платформы для перевозки большегрузных контейнеров вошли в рекомендации (Днепропетровского отделения Института механики АН УССР) по выбору рациональных параметров подвешивания платформы и использованы во Всесоюзном научно-исследовательском проектно-технологическом институте вагоностроения при разработке технической документации и изготовлении макетных образцов специализированной тележки. Ожидаемый экономический эффект от внедрения этих рекомендаций составит около 200 тысяч рублей.

Апробация. Диссертационная работа и ее отдельные разделы доложены и обсуждены: на юбилейной научно-технической конференции Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (Днепропетровск, 1972); на симпозиуме "Проблемы моделирования динамики подвижного состава" (Брянск, 1973); на научно-технической конференции по проблемам развития железнодорожного транспорта, посвященной 40-летию Калининского выпуска инженеров ДИИТа (Днепропетровск, 1974); на научно-техническом совещании конструкторского бюро Уралвагонзавода (Нижний Тагил, 1974); на научно-техническом совещании "Некоторые задачи механики скоростного наземного транспорта" (Днепропетровск, 1974); на научном семинаре "Общая механика" (Днепропетровск, 1976); на заседании кафедры "Путь и путевое хозяйство" ДИИТа (Днепропетровск, 1977).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, получено 3 авторских свидетельства на изобретения.

Структура работы обусловлена необходимостью последовательного описания выбора исходных расчетных схем, построенных математических моделей, проведенных исследований взаимодействия скоростного подвижного состава и пути при различных схемах и параметрах подрельсового основания, результатов сопоставления данных математического и натурального эксперимента, анализа ходовых качеств перспективных рельсовых экипажей, выводов и рекомендаций.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из 5 разделов, изложена на 149 страницах, содержит 38 рисунков, 7 таблиц, список литературы, включающий 103 наименования, и приложения на 16 страницах.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Первый раздел** реферируемой работы посвящен обсуждению состояния вопроса о взаимодействии подвижного состава и пути и обоснованию принятого направления исследования.

Создание теории динамического воздействия подвижного состава на путь связано с работами А.М.Годыцкого—Цвирко, Н.Е.Буковско-го, А.Н.Крылова, Н.П.Петрова, С.П.Тимошенко, Г.Марье и других известных отечественных и зарубежных ученых. На базе общих методов решения задач динамики механических систем трудами этих ученых и их последователей заложены основы современных методов исследования динамики рельсовых экипажей. Заслуга в этом, в частности, принадлежит М.Ф.Вериге, С.В.Вершинскому, М.В.Винокурову, В.Н.Данилову, А.Я.Когану, С.М.Купенко, А.А.Львову, В.Б.Медель, А.П.Филиппову, И.И.Челнокову, Г.М.Шахуняццу, В.Ф. Яковлеву, Ф.Барвеллу, А.де Патеру, А.Уиккенсу и др.

Весомый вклад в развитие теории колебаний рельсовых транспортных средств внесли работы В.А.Лазаряна и руководимого им коллектива научных сотрудников. В этих работах рассмотрены колебания движущегося экипажа и пути как единой механической системы, проведен анализ поведения исследуемых систем при детерминированных и случайных возмущениях, рассмотрены вопросы учета инерционных свойств подрельсового основания.

К настоящему времени задача о взаимодействии подвижного состава и пути освещена в литературе достаточно широко. Однако в подавляющем большинстве опубликованных работ детально рассматривается один из основных элементов системы (либо экипаж, либо путь) при упрощенном представлении другого.

Необходимость введения упрощений диктуется, с одной стороны, сложностью детального анализа полных расчетных схем этих механических систем (ввиду большого числа степеней свободы), а с другой - предположением о малом взаимном влиянии колебаний наддрессорного строения экипажа и пути. Последнее, как правило, и предопределяет выбор той либо иной расчетной схемы исследуемой системы.

Изучению влияния выбора расчетных моделей для исследования взаимодействия железнодорожного пути и подвижного состава при высоких скоростях движения на результаты решения задачи уделяется основное внимание в реферируемой работе. Полученные при этом выводы используются в исследованиях по прогнозированию ходовых качеств и отысканию рациональных параметров подвешивания некоторых перспективных скоростных экипажей.

Особенности постановки задачи изложены во втором разделе работы. Рассматривается движение экипажей по уп-

руго-вязкому инерционному пути с детерминированными и случайными неровностями. Исследуется взаимное силовое воздействие колеблющихся элементов механической системы в вертикальной продольной плоскости ее симметрии. Анализируются расчетные схемы, в которых достаточно полно учитываются основные особенности реальных конструкций (в частности, инерционные свойства подрельсового основания, конечная изгибная жесткость кузова, наличие существенных нелинейностей в подвешивании экипажей и т.д.). Вводимые в последствии упрощения оцениваются путем сопоставления результатов решения полной и упрощенной расчетных схем.

Надрессорное строение экипажа моделируется в виде абсолютно твердого или деформируемого тела. При исследовании кузова как деформируемого тела рассматривается стержень с распределенными или сосредоточенными параметрами. В первом случае весьма удобным для исследования колебаний кузова оказывается метод с использованием обобщенных функций, предложенный В.А.Лазаряном и С.И.Конешенко для стержневых систем. Метод позволяет получить решение в виде единого аналитического выражения для всего стержня. С этой целью из общей расчетной схемы выделяется кузов как подсистема и определяются фундаментальные функции задачи; после разложения по найденным фундаментальным функциям перемещений кузова в полной системе, составляются выражения энергий колебаний кузова и добавляются к соответствующим квадратичным формам всей системы.

В работе показано, что в случае континуальной системы наиболее удобным для исследования является вариант расчетной схемы кузова, при котором надрессорное строение моделируется в виде свободного стержня, нагруженного силами, действующими в рессорном подвешивании.

На примере грузовых экипажей (четырёхосного полувагона, длиннобазной контейнерной платформы) сопоставляются низшие частоты и формы собственных колебаний кузова, полученные для дискретной и континуальной расчетных схем; показано достаточно хорошее их совпадение. Это обстоятельство свидетельствует о том, что и дискретная, и континуальная модели кузова могут использоваться как равноценные при исследовании колебаний экипажей данного типа.

Далее рассматривается дискретно-континуальная расчетная схема единой механической системы "экипаж-путь", в которой экипаж представлен в виде системы дискретных масс, а путь - в виде бесконечно длинной балки, лежащей на сплошном упругом основании. Рассматриваемая в трактовке В.З.Власова модель упругого основания позволяет выразить вертикальные перемещения произвольных точек основания через перемещения точек его поверхности. Использование известной гипотезы Н.П.Петрова - Г.М.Шахуняшца дает возможность перейти к перемещениям точек контакта колеса с рельсом (при помощи предварительно найденной функции влияния прогибов). В итоге перемещения балки и основания удастся описать теми же обобщенными координатами, которые приняты для описания движения вагона.

Дифференциальные уравнения колебаний системы "экипаж-путь" получены в виде

$$A\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = f,$$

где  $A, B, C$  - соответственно матрицы инерционных, диссипативных и квазиупругих коэффициентов;  $q$  -  $n$  - мерный вектор обобщенных координат системы ( $n$  - число степеней свободы);  $f$  - вектор возмущающих воздействий, ненулевые элементы которого определяются неровностями пути и их производными при решении задачи во времен-

ной области и статистическими характеристиками неровностей - в частотной области.

Построенная математическая модель используется для исследования вынужденных колебаний перспективных грузовых и пассажирских экипажей, предназначенных для движения с высокими скоростями по существующему рельсовому пути. Результаты этого исследования изложены в третьем разделе диссертационной работы.

Предварительно рассмотрена задача об отыскании расчетных значений части параметров математической модели подрельсового основания по известным экспериментальным данным о вертикальной жесткости пути. При этом установлено, что обобщение модели с двумя характеристиками, согласно которому учитывается распределяющая способность основания за пределами балки путем введения некоторого коэффициента  $\eta_0$ , приводит к чрезмерному увеличению вертикальной жесткости пути по сравнению с экспериментальными значениями. Установлено также, что в случае экспоненциального закона распределения перемещений по глубине основания задание показателя экспоненты в виде функции некоторой упругой характеристики балки ( $L$ ), лежащей на основании, приводит к аналогичным последствиям.

Показано, что достаточно хорошее соответствие теоретических и экспериментальных данных о жесткостных характеристиках пути можно получить при использовании модели В.Э.Власова, если принять  $L = 1 \text{ м}^{-1}$ , а  $\eta_0 = 0$ .

Для рассмотренной в этой трактовке модели основания определены интервалы изменения расчетных параметров в зависимости от конструкции пути. Отмечено, в частности, что для пути с деревян-

ными шпалами величину модуля упругости и коэффициента затухания перемещений по глубине основания следует принимать соответственно  $E_0 = 10 \text{ Мн м}^{-2}$ ,  $\gamma = 1,0 \text{ м}^{-1}$ , а с железобетонными -  $E_0 = (30 + 40) \text{ Мн м}^{-2}$  при том же значении  $\gamma$

При одинаковой вертикальной жесткости пути для различных моделей подрельсового основания производится сопоставление результатов решения задачи о взаимодействии подвижного состава и пути. Показано, что учет инерционных свойств основания (по В.З. Власову) приводит к существенному уменьшению расчетных значений динамических добавок сил, действующих в точке контакта колеса с рельсом, а также усилий в подвешивании по сравнению с вариантом безынерционного (винклеровского) основания. Особенно заметно это проявляется в случае относительно малой вертикальной жесткости, характерной для пути с деревянными шпалами. Различия в результатах решения задачи с использованием сравниваемых моделей достигает, в частности, для скоростного пассажирского вагона поезда РТ-200 (при  $v = 220 \text{ км/ч}$ ) 40-45% по силам взаимодействия и 37-54% по усилиям в буксовой ступени подвешивания; для грузового полувагона - 10-25% (при  $v = 120 \text{ км/ч}$ ). При значениях жесткости, характерных для пути с железобетонными шпалами, это различие меньше и составляет в первом случае соответственно 12-32% и 6-16%, а во втором практически отсутствует.

В диапазоне скоростей движения до 80 км/ч расчетные значения анализируемых динамических характеристик системы "экипаж-путь" мало зависят от величины вертикальной жесткости пути и инерционных свойств основания.

Корректность изложенной методики исследования вынужденных колебаний экипажей при высоких скоростях движения оценивается пу-

тем сопоставления расчетных и опытных данных о величинах динамических усилий, действующих в рессорном подвешивании и на контакте колеса с рельсом, которые были получены для скоростного вагона-лаборатории с реактивной тягой (СВЛ) при его движении по изолированной стыковой неровности пути. Для сравнения используются данные экспериментов, проведенных Днепропетровским отделением Института механики АН УССР совместно со Всесоюзным научно-исследовательским институтом вагоностроения и Днепропетровским институтом инженеров железнодорожного транспорта в 1972-73 г.г. В расчетах эквивалентные значения параметров возмущения подбирались из условия обеспечения совпадения теоретически и экспериментально найденных величин максимальных сил в буксовой ступени подвешивания СВЛ при заданной (базовой) скорости движения.

Сравнение показало, что во всем исследованном интервале скоростей движения имеет место удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных данных не только по усилиям в буксовой ступени подвешивания, но и по силам в точках контакта колеса с рельсом.

Дальнейшее уточнение рассматриваемых расчетных схем ведется в направлении повышения степени детализации модели наддрессорного строения экипажа. При этом оценивается влияние изгибных колебаний кузова экипажей различных типов на уровень максимальных усилий в подвешивании и на контакте колеса с рельсом, а также ускорений кузова в различных его сечениях. На примере четырехосного полувагона и длиннобазной контейнерной платформы показано, что:

- 1) оценку ходовых качеств грузовых короткобазных экипажей

(по выбранным критериям) можно производить, используя упрощенные расчетные схемы, в которых не учитываются упругие свойства надрессорного строения ;

2) для длиннобазных грузовых экипажей, у которых величина эквивалентной жесткости кузова соизмерима с жесткостью элементов подвешивания, влияние изгибных колебаний надрессорного строения на динамические усилия в элементах подвешивания является существенным, что обуславливает необходимость исследования вынужденных колебаний этих экипажей по уточненным расчетным схемам. В противном случае значения усилий в рессорном подвешивании могут оказаться завышенными.

Показано далее, что учет конечной жесткости кузова современных пассажирских экипажей не оказывает заметного влияния на величины динамических составляющих усилий в подвешивании и на контакте колеса с рельсом. Значительно возрастают в этом случае величины ускорений надрессорного строения, особенно для скоростных облегченных экипажей, имеющих изгибную жесткость кузова  $EJ \leq 1500 \text{ Мн м}^2$ . Например, ускорения пятниковых сечений упругого кузова при  $EJ = 1000 \text{ Мн м}^2$  в два раза превышают ускорения пятников кузова, рассматриваемого в виде абсолютно твердого тела. Поэтому для уточнения показателя плавности хода таких экипажей необходимо учитывать в расчетных схемах конечную жесткость надрессорного строения.

В четвертом разделе реферируемой работы изложены результаты исследования вынужденных колебаний некоторых перспективных рельсовых экипажей, в частности, специализированной контейнерной платформы с тележками различных типов, вагонов скоростных поездов ЭР-200 и РТ-200. Исследование проведено с

целью определения рациональных значений параметров подвешивания и выявления возможных путей улучшения динамических характеристик этих экипажей.

В соответствии с заданием Всесоюзного научно-исследовательского проектно-технологического института вагоностроения рассмотрены варианты контейнерной платформы с тележками следующих типов:

- 1) тележки с центральным подвешиванием и резиновыми прокладками в местах сочленения боковых рам с буксами;
- 2) тележки с двойным рессорным подвешиванием. Принято во внимание упругие свойства рамы платформы и инерционные свойства подрельсового основания. Исследовались колебания платформы, возникающие при движении по пути с детерминированными неровностями. Полученные результаты сопоставлялись с данными исследования платформы на типовых тележках ЦНИИ-УЗ-0.

Сравнение выявило преимущества новых конструкций по сравнению с типовой тележкой. Кроме того, установлено, что при заданных значениях параметров упруго-диссипативных элементов и принятого возмущения максимальные динамические усилия в рессорных комплектах тележки с центральным подвешиванием (по варианту 1) меньше, чем в комплектах тележки с двойным подвешиванием. В то же время по воздействию на путь при высоких скоростях движения лучшие показатели имеет тележка с пружинными комплектами в обеих ступенях подвешивания, у которой существенно меньше вес неподрессоренных частей.

Полученные результаты позволили наметить возможные пути улучшения конструкции ходовых частей грузовых экипажей: группой сотрудников Днепропетровского отделения Института механики АН УССР

при участии автора предложены новые конструктивные схемы тележек, три из которых признаны изобретениями (в конструкции двух тележек использованы колеса с независимо вращающимися ободами и подвешивание рамы с помощью торсионных рессор, а в третьей — существенно увеличена связанность боковых рам в плане благодаря введению дополнительных трясионных пар между надрессорной балкой и боковинами).

Исследования вынужденные колебания моторного вагона скоростного электропоезда ЭР-200 при детерминированных и случайных возмущениях. Как выяснилось при этом, динамические характеристики вагона реальной конструкции были существенно хуже ожидаемых (вследствие того, что вертикальная жесткость обеих ступеней рессорного подвешивания почти вдвое превышала проектные значения, и недостаточной оказалась величина изгибной жесткости конструкции кузова). Ускорения кузова вагона достигают в расчетах такой величины, при которой плавность хода экипажа неудовлетворительна. Проведенные в 1974 г. (при участии автора) испытания скоростного электропоезда ЭР-200 подтвердили эти выводы: показатель плавности хода моторного вагона при скорости движения порядка 200 км/ч оказался больше допустимого значения, равного 3,25.

Ходовые качества моторного вагона можно улучшить, в частности, путем реализации оптимальных параметров подвешивания. Однако решение этой задачи сопряжено со значительными трудностями как в части отыскания оптимальных параметров, так и в части воплощения их в конструкции подвешивания. Поэтому в реферируемой работе ставится задача определения приемлемого диапазона рациональных значений параметров подвешивания моторного вагона с учетом различных критериев оценки поведения системы "экипаж-путь".

Рассматривается стационарный режим вынужденных колебаний вагона при движении по балке, лежащей на деформируемом инерционном основании. В качестве возмущения принят белый шум, аппроксимирующий силовое воздействие на экипаж случайных неровностей пути с учетом запаздывания на каждую колесную пару.

Для оценки поведения системы выбраны следующие функции качества:

1) дисперсии динамических добавок усилий в центральной и буксовой ступенях подвешивания, сил взаимодействия экипажа и пути;

2) дисперсии ускорений кузова в отдельных его сечениях.

Ввиду отсутствия надежных данных о характеристиках возмущения все дисперсии отнесены к уровню его спектральной плотности.

Рациональными считаются параметры, при которых достигается минимум одной или нескольких функций качества. Для нахождения последних варьировалась величина коэффициента  $\alpha$ , характеризующего распределение заданного статического прогиба между ступенями подвешивания, и значения коэффициентов трения  $\beta_i$  в каждой ступени. Функции качества вычислялись в заданном частотном диапазоне (0,1-130) рад/с путем интегрирования соответствующих спектральных плотностей.

Как показали расчеты, ординаты искомых функций либо убывают, при увеличении коэффициента  $\alpha$ , т.е. при сосредоточении большей части суммарного статического прогиба в буксовой ступени, либо имеют минимум в интервале значений  $\alpha = 30-70\%$ . Поэтому величину коэффициента распределения жесткости по ступеням подвешивания, заключенную в этих пределах, можно считать вполне приемлемой для практической реализации. Рациональные значения коэффициентов демпфирования в этом случае определяются соотношениями  $\beta_i = (0,1-0,2)\beta_{1cr}$

для центральной и  $\beta_2 = 0,3\beta_{2кр}$  для буксовой ступени подвешивания и заключены в пределах от  $\beta_1 = (40-80)$ ,  $\beta_2 = 60 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  при  $\alpha = 30\%$  до  $\beta_1 = (60-120)$ ,  $\beta_2 = 40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  при  $\alpha = 70\%$ .

Реализация таких параметров подвешивания позволит обеспечить как наименьшие ускорения кузова, так и наименьшие динамические усилия в обеих ступенях подвешивания и на контакте колеса с рельсом.

Для оценки корректности применяемой методики выбора рациональных значений параметров подвешивания проведено сопоставление опытной и расчетной информации о плавности хода моторного вагона электропоезда ЭР-200. Сравнение выполнено в относительных величинах. Показано, что наибольшее расхождение расчетных и экспериментальных значений выбранного критерия оценки ходовых качеств вагона в диапазоне скоростей движения 80-200 км/ч не превышает  $\pm 8\%$ .

Изложенная методика анализа ходовых качеств экипажей при различных параметрах подвешивания используется далее для оценки номинальных параметров подвешивания вагона поезда РТ-200. Показано, что для обеспечения минимального воздействия как на кузов экипажа, так и на путь жесткость упругих элементов в центральной ступени подвешивания вагона должна составлять  $40 + 60\%$  от общей жесткости подвешивания. Рациональные значения коэффициентов вязкого трения при таком распределении жесткости по ступеням подвешивания заключены в следующих пределах:

1) для центральной ступени  $\beta_1 = (33 + 40) - (65-80) \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  (на тележку);

2) для буксовой -  $\beta_2 = (15-18) \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  (на колесную пару).

Проведенное исследование позволяет наметить возможные пути дальнейшего улучшения ходовых качеств вагона поезда РТ-200 существующей конструкции.

Основные выводы по результатам проведенных исследований сформулированы в пятом разделе диссертации. Отмечено, что в работе поставлена и решена задача о плоских колебаниях скоростных рельсовых экипажей и пути как единой механической системы.

При этом:

- построена математическая модель вертикальных колебаний таких экипажей при движении по упруго-вязкому инерционному пути с детерминированными и случайными неровностями ;
- проведено решение задачи о выборе расчетной схемы надрессорного строения как упругого тела ;
- изучено влияние выбора моделей и параметров подрельсового основания на результаты решения задачи о взаимодействии подвижного состава и пути ;
- показано, что при высоких скоростях движения влияние инерционных свойств подрельсового основания на величину динамических усилий в подвешивании и сил взаимодействия колеса с рельсом может быть весьма существенным ;
- произведена оценка влияния степени детализации расчетной схемы надрессорного строения экипажей различных типов на уровень максимальных усилий в подвешивании и на контакте колеса с рельсом, а также ускорений кузова в различных его сечениях ;
- рекомендовано учитывать в подобных задачах изгибные колебания надрессорного строения тех экипажей, эквивалентная жесткость кузова которых соизмерима с жесткостью элементов подвешивания ;

- отмечена удовлетворительная сходимости расчетных и экспериментальных значений сил, действующих на рамы тележек и колесные пары скоростного вагона-лаборатории с реактивной тягой в рассмотренном диапазоне скоростей движения ;

- определены рациональные схемы и параметры подвешивания длиннобазной контейнерной платформы, полученные результаты использованы в разработках Всесоюзного научно-исследовательского проектно-технологического института вагоностроения при изготовлении макетных образцов специализированной грузовой тележки ;

- разработаны новые технические решения конструкции ходовых частей грузового вагона, признанные изобретениями ;

- найдены приемлемые пути улучшения ходовых качеств перспективных пассажирских экипажей поезда РТ-200 и электропоезда ЭР-200

- , показано, что с помощью изложенной в работе методики можно прогнозировать ходовые качества перспективных экипажей на стадии их проектирования.

Основные положения диссертационной работы освещены в следующих публикациях :

1. О вынужденных колебаниях рельсового экипажа с деформируемым кузовом при движении по инерционному пути. - В кн.: Материалы 33 научно-технической конференции Брянского института транспортного машиностроения. Брянск, "Брянский рабочий", 1972:

2. Тележка для экипажей рельсового транспорта.- Авт.св. СССР, кл. В61F 3/08, № 380505, 1973 (соавторы В.А.Лазарян, Б.М.Климковский, В.Ф.Грачев).

3. Некоторые задачи исследования вертикальных колебаний си-

68119

НАУКОВО-ТЕХНІЧ  
Дніпропетровськ

стемы "экипаж-путь". - В кн.: Динамика подвижного состава железных дорог. Труды Брянск. ин-та трансп. машиностр., вып. 26, Брянск, 1974 (соавторы В.Д.Данович, В.Ф.Грачев, А.И.Залесский, Е.Ю.Трубицкая).

4. Колебания грузового вагона с деформируемым кузовом. - В кн.: Исследования колебаний подвижного состава. Труды Днепропетр. ин-та инж. ж.-д. трансп., вып. 158, Днепропетровск, 1975.

5. О влиянии конструктивных изменений тележки грузового экипажа на его вертикальные колебания. - В кн.: Исследования по динамике рельсовых экипажей. Труды Днепропетр. ин-та инж. ж.-д. трансп., вып. 169/21, Днепропетровск, 1975.

6. Фрикционный амортизатор тележки грузового вагона. - Авт. св. СССР, кл. В61F 5/12, № 542671, 1975 (соавторы В.А.Лазарян, В.Ф.Ушкалов, Ю.В.Демин, В.В.Кулябоко, В.Ф.Грачев, Д.Д.Мехов).

7. Тележка для экипажей рельсового транспорта. - Авт. св. СССР, кл. В61F 3/08, № 536077, 1976 (соавторы В.А.Лазарян, В.Ф.Грачев, А.И.Залесский, Е.Ю.Трубицкая).

8. О взаимодействии скоростного рельсового экипажа и пути. - В кн.: Динамика и прочность высокоскоростного наземного транспорта. Киев, "Наукова думка", 1976 (соавторы И.А.Литвин, Е.Ю.Трубицкая).

9. О вертикальных колебаниях пассажирского вагона с облегченным кузовом. - В кн.: Динамика и прочность высокоскоростного наземного транспорта. Киев, "Наукова думка", 1976 (соавтор В.Ф.Грачев).

10. Определение собственных форм поперечных и крутильных колебаний кузова вагона как стержня. - Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп., Днепропетровск, 1976. Рукопись деп. в ЦНИИТЭИ МПС 9 авг. 1976, рег. № 398/76 (соавтор В.Д.Данович).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СКОРОСТНОГО ПОДВИЖНОГО  
СОСТАВА И ИНЕРЦИОННОГО ПУТИ С УПРУГИМИ НЕСОВЕРШЕН-  
СТВАМИ

---

БТ 67859. К печати 1.03.1977 года. Сдано в производство 2.03.1977г.  
Формат 60x84 1/16. Усл.печ.л.1,16. Тираж 100. Заказ № 3031.  
Бесплатно.

Городская типография № 3 Днепропетровского областного управле-  
ния по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 320002,  
г.Днепропетровск, ул.Фрунзе, 6.

Сканировала Камянская Н.А.