

М П С

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
имени М.И.КАЛЛИНИНА

На правах рукописи

ЖДАНОВ Сергей Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ  
СОПРЯЖЕНИЯ КУЗОВА С ТЕЛЕЖКАМИ НА ТЯГОВЫЕ  
КАЧЕСТВА ЛОКОМОТИВОВ

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 - 1980

Диссертационная работа выполнена на кафедре локомотивостроения Ворошиловградского машиностроительного института (ВМИ).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор  
А.Н.Коняев.

Официальные оппоненты– доктор технических наук, профессор  
Д.Э.Карминский,  
кандидат технических наук, доцент  
И.П.Карпов.

Ведущее предприятие Ворошиловградское ордена Ленина и  
ордена Октябрьской революции произ-  
водственное объединение Ворошиловград-  
ский тепловозостроительный завод  
имени Октябрьской революции.

Защита состоится "27" июня 1980 г. в 13 часов  
на заседании специализированного совета К И4.07.01 в Днепропет-  
ровском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров же-  
лезнодорожного транспорта имени М.И.Калинина (320629, ГСП, г.Дне-  
пропетровск, ул.Университетская, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Днепропетровского

НТБ  
ДНУЖТ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В соответствии с решениями XXV съезда КПСС в X пятилетке предусмотрен дальнейший рост грузооборота и пассажирских перевозок, выполняемых железнодорожным транспортом. Поставленные задачи решаются за счет увеличения веса и скорости движения поездов, о чем свидетельствует поддержанный ЦК КПСС план московских железнодорожников. В ближайшее время намечено создать и освоить серийный выпуск мощных магистральных тепловозов, газотурбовозов и электровозов, что поднимет работу железнодорожного транспорта на более высокий уровень.

6499a

Опыт эксплуатации серийных тепловозов 2ТЭ10В, 2ТЭ11В, типа ТЭ109 и др. секционной мощностью 3000 л.с. свидетельствует о том, что их тяговые качества не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым эксплуатацией. С ростом секционной мощности работы по улучшению тяговых свойств тепловозов становятся все более важными, а проблема рационального конструирования их экипажных частей с целью обеспечения наилучшего использования сцепной массы приобретает народнохозяйственное значение. Поэтому исследование влияния конструкции и параметров сопряжения кузова с тележками локомотивов на использование их сцепной массы является актуальной задачей. Улучшение этого показателя позволит увеличить вес поездов и повысить экономические показатели локомотивов.

Цель работы. Разработка и исследование эффективных методов улучшения использования сцепной массы серийных и перспективных тепловозов Ворошиловградского производственного объединения тепловозостроения. Создание расчетной методики, позволяющей определить на стадии проектирования параметры экипажа, обеспечивающие, благодаря применению новых конструктивных приемов, максимальное использование сцепной массы локомотива.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА  
Дніпропетровського національного  
університету залізничного транспорту  
імені академіка В.Лазаряна

Методика исследований. Поставленные задачи решаются на основе теоретических и экспериментальных исследований влияния конструкции и параметров связи кузова с тележками и экипажа в целом на величину коэффициента использования сцепной массы магистральных тепловозов. Исследование процессов, происходящих в экипаже при реализации касательной силы тяги, проведено путем математического моделирования механических систем, сравнения результатов исследований вариантов между собой и с данными стендовых испытаний физической модели экипажа в 1:5 натуральной величины.

Научная новизна. Впервые предложена методика исследования динамической развески локомотива с упругой продольной связью кузова и тележек (А.с.СССР 509480, 545500, 613939), влияния на реализуемую силу тяги отношений жесткостей ступеней рессорного подвешивания, величины относительного продольного перемещения тележек и дополнительной деформации упругих элементов кузовной ступени подвешивания. Получены зависимости, на основании которых разработана методика расчета для определения геометрических размеров и основных параметров сопряжений кузовов и тележек шести - и восьмисосных локомотивов, обеспечивающих при выборе исходных характеристик экипажей в процессе проектирования достижение высоких значений коэффициентов использования сцепной массы. Создана и использована в исследованиях универсальная "Установка для моделирования тяговых и динамических характеристик рельсового подвижного состава"\*.

Практическая ценность и внедрение результатов работы. Исследования, выполненные в диссертации, являются частью проблемы "Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по повышению качества и надежности тепловозов" (индекс: 167.4.С7.004) плана новой техники по тепловозостроению Министерства тяжелого и транспортного машиностроения СССР. В работе предложены и исследованы различ-

\* Авторское свидетельство СССР № 590637

ные варианты сопряжений кузова и тележек, обеспечивающие равномерное распределение нагрузок по колесным парам в режиме тяги без вмешательства локомотивной бригады. Эффективность выполненных разработок и целесообразность их внедрения подтверждены проведенным экономическим расчетом. Результаты работы используются Ворошиловградским производственным объединением тепловозостроения при проектировании новых магистральных тепловозов, а установка для моделирования тяговых и динамических характеристик рельсового подвижного состава - при испытании моделей перспективных экипажей.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на III республиканской научно-технической конференции "Научные основы проектирования машин и автоматизация производственных процессов" (1975 г.), Всесоюзной научно-технической конференции "Основные направления и задачи научно-исследовательских работ по обеспечению прочности и динамических качеств перспективных локомотивов" (ВНИТИ 1977), Всесоюзной конференции "Проблемы механики железнодорожного транспорта (Днепропетровск 1980г.), заседаниях технико-экономического совета ЦКБ ПКТИ Ворошиловградского производственного объединения тепловозостроения и научно-технических конференциях Ворошиловградского машиностроительного института (1975...1980 гг.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 6 научных работ и получено 4 авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов. Она содержит 140 страниц текста, 65 рисунков и 17 таблиц. Список использованной литературы включает 122 наименования, из которых 20 иностранных.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности темы диссертации.

Глава I. Обзор основных достижений в области улучшения использования сцепной массы локомотивов.

Значительное улучшение использования сцепной массы тепловозов

за счет конструктивного совершенствования их экипажей позволяет получить более высокие значения тягового усилия при трогании с места и движении со скоростями до выхода на автоматическую тяговую характеристику. Требованиями ЦНИИ МПС для вновь проектируемых тепловозов предусматривается обеспечение использования сцепной массы не менее, чем 92 % (  $\eta \geq 0,92$  ).

В последние годы совершенствованию тяговых качеств локомотивов серьезное внимание уделяют тепловозостроительные заводы, научно-исследовательские и учебные институты, имеющие отношение к локомотивам. Благодаря их работам, а также исследованиям А.М.Бабичкова, А.В.Вилькевича, А.Н.Долганова, В.Ф.Егорченко, И.П.Исаева, А.Н.Коняева, А.И.Кравченко, Н.Н.Меншутина, Д.К.Минова, А.Л.Шаццло, В.А.Шевалина и др., тяговые возможности современных тепловозов достигли достаточно высокого уровня. Однако по коэффициенту использования сцепной массы они пока не удовлетворяют предъявляемым МПС требованиям и имеют резервы для совершенствования тяговых качеств.

Основным направлением в решении проблемы улучшения тяговых качеств локомотивов, как показал анализ, является совершенствование механической части экипажа с целью выравнивания нагрузок от колес на рельсы, определяющих максимальное тяговое усилие.

Среди большого разнообразия конструкций сопряжений кузова с тележками, а также специальных устройств, улучшающих тяговые качества локомотивов путем перераспределения нагрузок между колесными парами, выделяется группа устройств, принцип работы которых основан на относительном продольном перемещении отдельных элементов экипажа, например, за счет применения наклонных тяг, использования натяжения упругих или перемещения шкворней тележек под действием силы тяги или торможения. Отличительной особенностью этих конструкций, а также общим положительным качеством указанного прин-

ципа является возможность перераспределения нагрузок на рельсы между колесными парами в зависимости от реализуемой локомотивом силы тяги или торможения.

Профессор А. Н. Коняев и инженер А. А. Андреев впервые обосновали возможность повышения коэффициента использования сцепной массы локомотива путем принудительной деформации упругих элементов второй ступени рессорного подвешивания при относительном продольном перемещении кузова и тележек. Такие устройства, разработанные при участии автора, сочетая простоту, эффективность, возможность размещения в габаритах подкузовного пространства любого экипажа, стабилизируют вертикальные нагрузки от колесных пар на рельсы в пределах каждой тележки или по большому числу осей без вмешательства машиниста и обеспечивают уровень использования сцепной массы локомотива выше требований МПС ( $\eta \approx 0,92$ ). Поэтому основными задачами настоящей работы являются:

- анализ тяговых качеств тележечных локомотивов с различными схемами и параметрами рессорного подвешивания и типами сопряжений кузова с тележками;

- исследование методов повышения касательной силы тяги локомотивов с упругой продольной связью кузова и тележек, обоснование конструкции таких экипажей;

- экспериментальные исследования на модели тяговых качеств локомотивов с различными параметрами рессорного подвешивания и вариантами конструкции сопряжения кузова и тележек, создание универсального стенда для испытания экипажей;

- разработка рекомендаций по обеспечению высоких тяговых характеристик для перспективных магистральных тепловозов с двухступенчатым рессорным подвешиванием Ворошиловградского производственного объединения тепловозостроения;

- разработка предложений по улучшению тяговых качеств выпус-

каемых тепловозов с учетом преемственности конструкции экипажей и максимальной унификации узлов и деталей.

Глава 2. Исследование влияния конструкции экипажной части и параметров сопряжения кузова с тележками на тяговые и тормозные качества локомотивов.

Серийные магистральные тепловозы, выпускаемые Ворошиловградским производственным объединением тепловозостроения для МПС и экспорта (2ТЭ10В, 2ТЭ11Б, типа ТЭ109, ТЭ114), строятся с бесчелюстными тележками, впервые испытанными на тепловозе 2ТЭ10Д-005. Внедрение бесчелюстных тележек способствовало серьезному улучшению тяговых качеств тепловозов, хотя, как отмечалось выше, они располагают еще некоторым резервом для дальнейшего улучшения. Конкретным примером наличия такого резерва и одного из путей его использования являются результаты исследований тяговых качеств тепловоза типа 2ТЭ11Б. Расчеты показали, что для каждого типа локомотива существует такое отношение жесткости второй ступени подвешивания  $M_2$  к жесткости первой  $M_1$  (с учетом жесткости буксовых поводков), при которой на любых тяговых режимах сохраняется равномерное распределение нагрузок по колесным парам в пределах каждой тележки. Максимальный коэффициент использования сцепной массы для тепловоза 2ТЭ11Б  $\eta = 0,922$  достигается при  $\frac{M_2}{M_1} = 28,2$ , для тепловоза 2ТЭ10В  $\eta = 0,931$  при  $\frac{M_2}{M_1} = 27,5$ . Для тепловоза 2ТЭ11Б в серийном исполнении  $\frac{M_2}{M_1} = 5,16$ , а коэффициент использования сцепной массы  $\eta = 0,657$  ниже требуемого МПС.

Наилучшее использование сцепной массы достигается с помощью упругого в продольном направлении сопряжения кузова и тележек. Конструкция такого сопряжения содержит (рис.1): шкворневой аппарат, допускающий упругие в продольном и поперечном направлениях перемещения, боковые опоры кузова, состоящие из упругих элементов второй ступени рессорного подвешивания, и ролякового аппарата, рабоче

поверхности опорных плит которого имеют специальный профиль. Под действием касательной силы тяги (или торможения) тележки (или одна из них) перемещаются относительно кузова в продольном направлении на расстояние  $\Delta$ , при этом упругие элементы второй ступени подвешивания деформируются (сжимаются или растягиваются) на величину  $\delta$ , вследствие перекачивания роликов по наклонным поверхностям опорных плит. Возникающие при этом силы создают момент, противодействующий опрокидыванию тележки.

На расчетной схеме тепловоза (рис. I) показаны перемещения и силы, действующие на кузов, тележки и колесно-моторные блоки. Приняты следующие допущения: локомотив рассматривается как плоская система, симметричная относительно поперечной плоскости, проходящей через центр тяжести кузова: кузов, рамы тележек, колесные пары считаются абсолютно жесткими телами с неизменными геометрическими параметрами; жесткость упругих элементов ступеней подвешивания соответственно одинакова и постоянна; нагрузки от колесных пар на рельсы в состоянии статического равновесия локомотива равны; трение в рессорном подвешивании и автосцепке отсутствует.

Рассматривается тепловоз, у которого под действием силы тяги в продольном направлении перемещается относительно кузова только одна (передняя) тележка ( $\alpha_1 = 0$   $\Delta_2 = 0$ ). Уравнения равновесия системы в режиме максимальной силы тяги для кузова, тележек, колесно-моторных блоков составлены, исходя из расчетной схемы рис. I.

После ряда преобразований этих уравнений реакции в опорах второй ступени подвешивания ( $R_1 \dots R_{II}$ ) определяются следующим образом:

$$R_1 = z + t + \kappa_1 + 3P_1 \frac{a + \Delta}{a + b} - c(a + \Delta);$$
$$R_2 = -z - t - \kappa_1 + 3P_1 \frac{b - \Delta}{a + b} - c(b - \Delta);$$

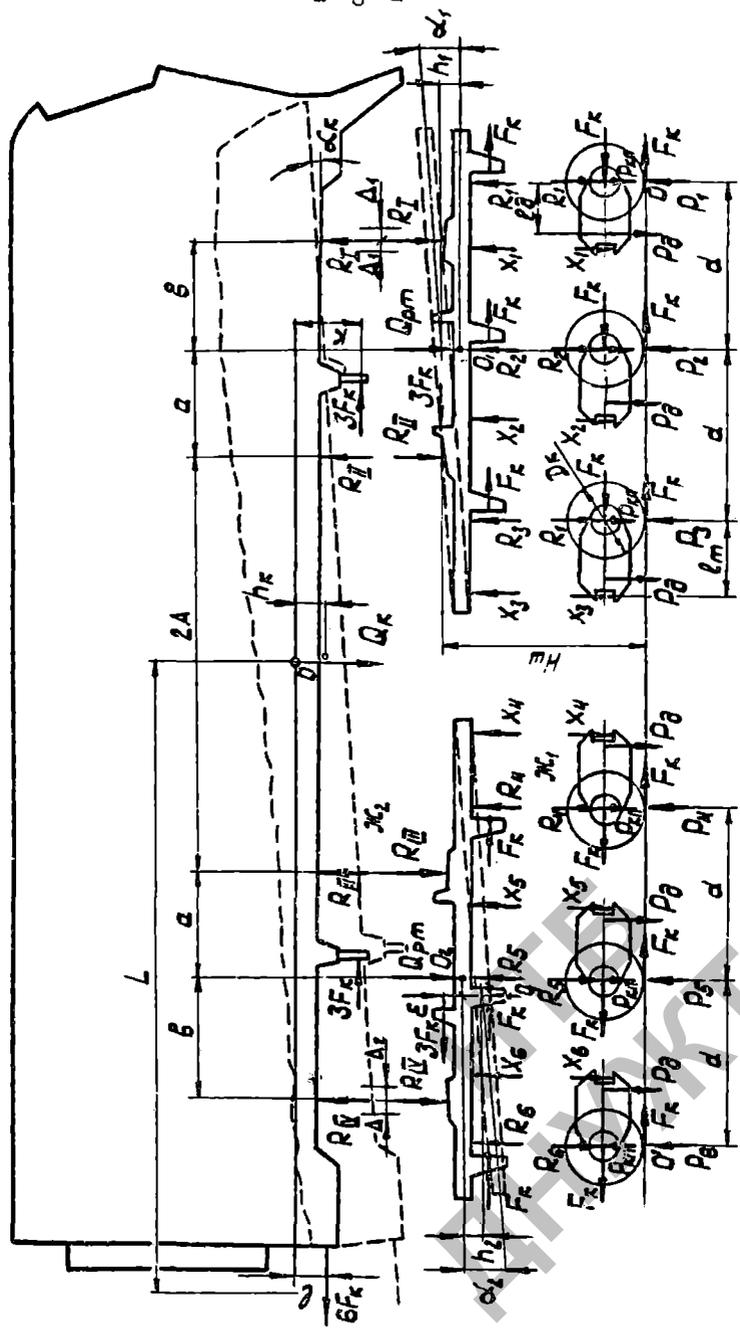


Рис.1.

$$R_{\text{II}} = -z + t + \kappa_2 + \left[ (Q_{cm} - 3P_1) - \frac{d(P_B - P_A)}{a} \right] \frac{b}{a+b} - cb;$$

$$R_{\text{I}} = z - t - \kappa_2 + \left[ (Q_{cm} - 3P_1) + \frac{d(P_B - P_A)}{a} \right] \frac{a}{a+b} - ca,$$

$$\text{где: } z = \frac{3P_B l_2}{a+b}, \quad \kappa_1 = \frac{3F_K (q + h_1 + \epsilon)}{a+b}, \quad \kappa_2 = \frac{3F_K (q - h_2 + \epsilon)}{a+b};$$

$$c = \frac{3P_B + 3P_{Kn} + Q_{pm}}{a+b}, \quad t = \frac{3F_K D_K}{2(a+b)}$$

Исходя из зависимости между деформациями и усилиями, возникающими в упругих элементах подвешивания, получим уравнения:

$$R_{\text{I}} = \frac{Q_K}{4} + h_1 \mathcal{M}_2 + h_K \mathcal{M}_2 - (A + a + b) \alpha_K \mathcal{M}_2 + \delta_I \mathcal{M}_2;$$

$$R_{\text{II}} = \frac{Q_K}{4} + h_1 \mathcal{M}_2 + h_K \mathcal{M}_2 - A \alpha_K \mathcal{M}_2 - \delta_{II} \mathcal{M}_2;$$

$$R_{\text{III}} = \frac{Q_K}{4} - h_2 \mathcal{M}_2 + h_K \mathcal{M}_2 + A \alpha_K \mathcal{M}_2 + a \alpha_2 \mathcal{M}_2;$$

$$R_{\text{IV}} = \frac{Q_K}{4} - h_2 \mathcal{M}_2 + h_K \mathcal{M}_2 + (A + a + b) \alpha_K \mathcal{M}_2 - b \alpha_2 \mathcal{M}_2;$$

$$P_1 = \frac{Q_K}{6} + \frac{Q_{pm}}{3} + P_B + P_{Kn} - \frac{F_K D_K}{2l_m} - h_1 \mathcal{M}_1;$$

$$P_B = \frac{Q_K}{6} + \frac{Q_{pm}}{3} + P_B + P_{Kn} + \frac{F_K D_K}{2l_m} + h_2 \mathcal{M}_1 - \alpha \alpha_2 \mathcal{M}_1,$$

где:  $\delta_I, \delta_{II}$  - деформации упругих элементов кузовной ступени подвешивания, расположенных на передней тележке; остальные обозначения см. на рис. I.

В результате решения системы уравнений с различными значениями жесткости ступеней подвешивания ( $K_1 = 110 \dots 210 \cdot 9,81 \frac{KH}{M}$ ,  $K_2 = 760 \dots 1640 \cdot 9,81 \frac{KH}{M}$ ) и относительного перемещения тележки ( $\Delta = 0,05 \dots 0,2 M$ ) получены зависимости коэффициента использования сцепной массы осей тепловоза от этих величин. Для 2ТЭ16 максимальное значение этого коэффициента увеличивается с уменьшением величины продольного перемещения тележки. При  $\Delta = 0,05 M$   $\eta_{1,4} = 0,9425$  при  $\Delta = 0,125 M$   $\eta_{1,4} = 0,9375$ , а при  $\Delta = 0,2 M$   $\eta_{1,4} = 0,935$ . Наибольшего значения коэффициента использования сцепной массы локомотива при  $K_2 = 980 \cdot 9,81 \frac{KH}{M}$  можно достичь, изменяя  $K_1$  в диапазоне  $205 \dots 225 \cdot 9,81 \frac{KH}{M}$ , или при существующей  $K_1$  изменить  $K_2$  в пределах  $770 \dots 900 \cdot 9,81 \frac{KH}{M}$  в зависимости от величины  $\Delta$ . Этим значениям соответствует определенная разность деформаций упругих элементов первой и второй боковых опор кузова  $\delta_1$  и  $\delta_2$ . Получены зависимости, с помощью которых можно определить необходимую разность высот рабочих поверхностей боковых опор кузова для получения максимального значения  $\eta$  при различных параметрах подвешивания локомотива.

Аналогичным образом были исследованы экипажи перспективных автономных локомотивов: тепловоз мощностью 4000 л.с. в секции с осевой формулой  $3_0 - 3_0$  (ТЭ121) и газотурбовоз мощностью 8000 л.с. с осевой формулой  $(2_0 + 2_0) - (2_0 + 2_0)$  (ТЭ125), которые имеют некоторые отличия в конструкции тележек и подвешивании ТЭЦ. Показано, что для тепловоза ТЭ121 при балансировке пар осей тележек, расположенных к овердине локомотива, удается равномерно распределить нагрузку по пяти передним колесным парам. Это достигается в результате принудительной деформации кузовной ступени подвешивания ( $\delta_1$   $\delta_2$ ), компенсирующей опрокидывание передней тележки, разворота кузова ( $\alpha_K$ ) и рамы задней тележки ( $\alpha_2$ ) на определенные углы, в результате чего четвертая и пятая колесные пары разгружаются до уров-

ня передних трех. В этом случае коэффициент использования сцепной массы  $\eta = 0,958$  (по проекту  $\eta = 0,935$ ).

У проектного газотурбовоза – симметричный четырехтележечный экипаж, двухосные тележки которого попарно соединены межтележечными балками, рессорное подвешивание буксовой ступени – индивидуальное, подвешивания ТЭД – опорно-рамное с опорно-осевым тяговым редуктором. Коэффициент использования сцепной массы  $\eta = 0,858$  что значительно меньше требуемого МПС.

Существенное повышение тяговых качеств восьмиосных локомотивов достигается при выравнивании нагрузок на рельсы от шести колесных пар с помощью расположения тяговых двигателей погвесками к его середине, попарного соединения тележек горизонтальным шкворневым устройством и упругого перемещения одной из них под кузовом в продольном направлении. Использование сцепной массы в этом случае достигает величины 0,963.

Принудительная деформация второй ступени подвешивания с помощью относительного перемещения тележек и кузова под действием продольных сил позволяет улучшить не только тяговые, но и тормозные качества экипажа. Проведенные расчеты показали, что тормозные свойства такого локомотива с двухступенчатым рессорным подвешиванием значительно выше в сравнении с жестким шкворневым сопряжением при одно- и двухступенчатом подвешивании.

Глава 3. Экспериментальное исследование методов улучшения использования сцепной массы локомотива на модели.

Результаты исследований, посвященных улучшению использования сцепной массы локомотивов, проверены при испытаниях на модели. Была спроектирована, изготовлена и защищена авторским свидетельством установка для моделирования тяговых и динамических характеристик рельсового подвижного состава. От существующих она отли-

чается тем, что испытание тяговых качеств локомотива в зависимости от конструкции связи кузова с тележками и системы рессорного подвешивания производится без рассмотрения процессов, происходящих в контакте колес и рельсов. Силовое взаимодействие пути и экипажа (тяговое усилие) моделируется путем фиксации осей в канавках роликов вертикальных вибраторов и воздействия, пропорционального касательной силе тяги при моделируемом режиме работы, на кузов модели со стороны пресс-вибратора.

Модель локомотива состоит из тележек, способных перемещаться в продольном направлении относительно кузова, выполненного в виде фермы с прикрепленными снизу опорными плитами, снабженными шворнем и направляющими пазами, в которых расположены вкладыши с регулируемым углом наклона рабочей поверхности. Шворневые узлы тележек выполнены в виде продольных штанг, установленных на межрамных креплениях и подпружиненных в поперечном направлении. На штангах подвижно укреплено шворневое гнездо. Сменные комплекты упругих элементов позволяют в широких пределах изменять параметры рессорного подвешивания и связи кузова с тележками.

При определении коэффициентов подобия за основные величины приняты единицы измерения длины  $[L]$ , массы  $[M]$  и времени  $[T]$ . После решения системы определительных уравнений, составленных на основании  $\Pi$  ( $\Pi U$ ) теоремы, получены критерии подобия

$$\Pi_1 = \frac{mf}{c}, \quad \Pi_2 = t \cdot f, \quad \Pi_3 = \frac{V}{cf}, \quad \Pi_4 = \frac{\theta}{cf^2},$$

$$\Pi_5 = \frac{Ж}{cf}, \quad \Pi_6 = \frac{F}{\rho cf}, \quad \Pi_7 = \frac{Jf}{l^2 c}$$

и найдены необходимые масштабные коэффициенты пересчета величин.

Испытаниям подвергалась модель локомотива, по основным параметрам соответствующая серийному тепловозу 2ТЭ116, но с конструк-

тивными изменениями, обеспечивающими улучшение использования сцепной массы.

Эксперименты были разделены на этапы, при этом исследовались: модели локомотива с одно- и двухступенчатым рессорным подвешиванием, оборудованные упругими шкворневыми аппаратами, обеспечивающими перемещение относительно кузова под действием силы тяги обеих или только передней тележки.

С целью уменьшения влияния на точность экспериментов сил трения в узлах модели и получения данных, сопоставимых с расчетными и отражающих приняты в теоретических исследованиях допущения, опыты, имитирующие реализацию тягового усилия при плавном трогании поезда с места, производились путем продольного отклонения кузова в обе стороны от нейтрального положения с амплитудой

$$\Delta C_e = \frac{F_k C_F}{K_{ш} C_{ж}}$$

Оценка тяговых качеств экипажа производилась по величине деформации пружин буксовой ступени рессорного подвешивания. Испытания вариантов сопряжений проводились во всем диапазоне развиваемых локомотивом тяговых усилий от 0 до 360·9,81 Н.

В результате экспериментальных исследований получены зависимости, характеризующие влияние на изменение осевых нагрузок моделей различных параметров экипажа (рис. 2, 3, 4). Из них следует, что:

а) характер зависимостей, полученных во всех опытах, соответствует физическому смыслу процесса перераспределения нагрузок между колесными парами в режиме тяги, а также полностью согласуется с ранее проведенными исследованиями;

б) для всех рассмотренных вариантов соотношение жесткости ступеней подвешивания  $\frac{K_2}{K_1}$  и конструкция связи кузова с тележками оказывают существенное влияние на изменение нагрузок колесных пар в тяговом режиме;

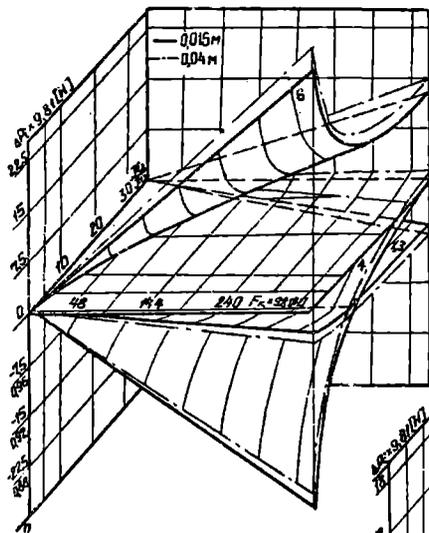


Рис.3.Изменение осевых нагрузок модели локомотива с упругим продольным перемещением под кузовом передней тележки.

Рис.2.Изменение осевых нагрузок модели локомотива с продольным упругим перемещением тележек относительно кузова.

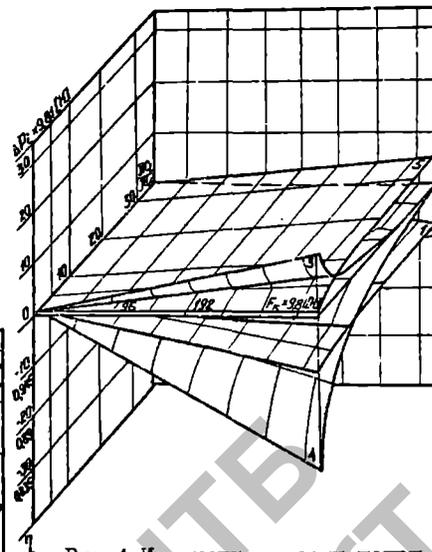
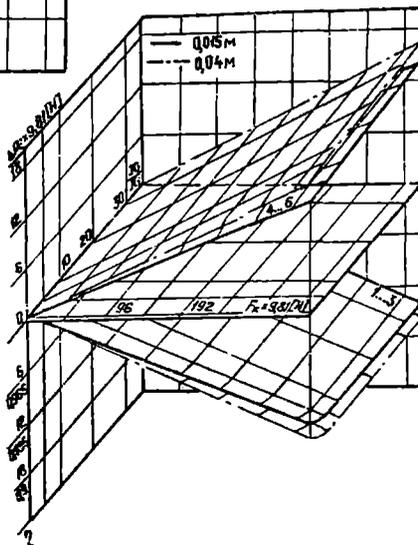


Рис.4.Изменение осевых нагрузок модели локомотива с жестким продольным сопряжением кузова и тележек и различным соотношением жесткостей ступеней рессорного подвешивания.

в) упругое продольное сопряжение кузова и тележек в сочетании с упругими боковыми опорами, оборудованными наклонными рабочими поверхностями, обеспечивает выравнивание осевых нагрузок в пределах каждой тележки или по четырем передним колесным парам. Коэффициент использования сцепной массы в случае продольного перемещения обеих тележек составляет  $\eta = 0,91 \dots 0,92$  (рис.2), при перемещении передней тележки к автосцепке  $\eta = 0,96 \dots 0,97$  (рис.3) и зависит от величины продольного перемещения  $\Delta$

г) величина отклонения нагрузки лимитирующей колесной пары локомотива от статической зависит от выбора жесткости первой и второй ступеней подвешивания. Существует такое отношение  $\frac{Ж_2}{Ж_1}$  при котором в режиме максимальной силы тяги обеспечивается наилучшее использование сцепной массы (рис.4,  $\eta = 0,94$  );

д) сравнительные испытания различных моделей экипажей, имитирующих по основным параметрам варианты тепловоза 2ТЭ116, подтвердили эффективность предлагаемых методов повышения тяговых качеств локомотивов и достаточную сходимость результатов экспериментальных и теоретических исследований.

Глава 4. Рекомендации по улучшению тяговых качеств серийных и вновь проектируемых локомотивов с учетом преимущества конструкций экипажей и максимальной унификации узлов и деталей.

Выполненные исследования позволили всесторонне проанализировать находящиеся в серийном изготовлении экипажи тепловозов 2ТЭ116 и 2ТЭ10В с точки зрения улучшения использования их сцепной массы.

Предложен способ равномерного распределения осевых нагрузок на рельсы в режиме реализации максимального тягового усилия, основанный на предварительном догружении на определенную величину лимитирующих колесных пар.

Получены зависимости, характеризующие изменение коэффициента ис-

пользования сцепной массы при уточнении статической развески путем установки в крайних боковых опорах регулировочных шайб различной высоты ( $\delta_{x, \Gamma} = 0,04 ; 0,012 ; 0,02$  ).

Для тепловоза 2ТЭ116 найдены значения  $\delta_{x, \Gamma} = 0,0095$  м и  $\frac{M_{\Sigma}}{M_1} = 9,5$  , обеспечивающие равномерное распределение нагрузок по четырем колесным парам, и соответствующий коэффициент использования сцепной массы  $\eta = 0,95$ .

Предварительное догружение отдельных колесных пар в сочетании с необходимым соотношением жесткости упругих элементов подвешивания позволяет увеличить весовую норму состава на расчетном подъеме с  $Q_c = 2400$  т до 2620 т на одну секцию.

Необходимая жесткость кузовной ступени подвешивания достигается заменой 3 из 7 резино-металлических элементов жесткой проставкой. В таком виде боковые опоры представляют собой стержни, сжатые между двумя резиновыми шарнирами.

Уменьшение количества резино-металлических элементов в блоке сопровождается изменением его поперечной жесткости и соответственно возвращающей силы. Сравнительные испытания серийной и модернизированной боковой опоры, проведенные на стенде, показали, что при смещении верхнего и нижнего оснований опоры на 0,04 м друг относительно друга возвращающая сила увеличивается на 0,33\*9,81 кН. При этом жесткость блока резино-металлических элементов серийной опоры остается постоянной, модернизированной - изменяется за счет деформации резины как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, благодаря наличию жесткой проставки. Такое техническое решение позволит в будущем создать безроликовые опоры, которые обеспечат как необходимую возвращающую силу при горизонтальном перемещении тележки, так и оптимальную жесткость, обеспечивающую наилучшее использование сцепной массы локомотива. Усовершенствование позволяет повысить коэффициент использования сцепной

массы тепловоза типа 2ТЭ116 с  $\eta = 0,864$  до  $\eta = 0,942$  Таким же образом были предложены рекомендации по улучшению использования сцепной массы серийного тепловоза 2ТЭ10В и газотурбовоза ГЭ 125.

Повышение тяговых качеств локомотивов позволяет поднять их эксплуатационные характеристики на более высокий качественный уровень, увеличить производительность труда при перевозке грузов. При подсчете народнохозяйственного экономического эффекта сравнивались два двухсекционных тепловоза мощностью 8000 л.с. с двухступенчатым рессорным подвешиванием, один из них с жестким и второй с упругим продольным сопряжением кузова и тележек. Основным условием сравнения являлось выполнение на участке потребным парком сравниваемых тепловозов одинакового объема перевозочной работы при одних и тех же условиях эксплуатации. Расчет производился согласно отраслевым "Методическим указаниям по определению экономической эффективности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в тяжелом и транспортном машиностроении."

Результаты расчета показывают, что повышение коэффициента использования сцепной массы на 7,3 % способствует увеличению веса состава на 200 т. Народнохозяйственный экономический эффект у потребителя в результате применения таких локомотивов составит 46 т. рублей на секцию.

#### Выводы и рекомендации.

1. В диссертации научно обоснованы и экспериментально проверены методы улучшения тяговых качеств локомотивов за счет увеличения коэффициента использования сцепной массы путем конструктивного совершенствования их экипажной части, а также предложены технические решения и определены расчетные параметры сопряжения кузова с тележками, позволяющие наиболее полно использовать сцепную массу серийных и перспективных тепловозов ЦТ ВГЗ и других локомотивов.

2. Существенное улучшение тяговых качеств локомотивов обеспечивается при применении продольного упругого сопряжения те-

06679

Директор  
Институт ИБ  
М. И. К.  
БИБЛИОТ

лежек и кузова, боковые опоры которого снабжены рабочими поверхностями определенной формы.

3. Основными преимуществами устройств, защищенных авторскими свидетельствами и разработанных применительно к серийным и вновь проектируемым тепловозам, являются:

а) возможность стабилизации вертикальных нагрузок колесных пар в пределах каждой тележки или по большому числу осей на всех режимах работы без вмешательства локомотивной бригады;

б) обеспечение для локомотивов с двухступенчатым рессорным подвешиванием уровня использования сцепной массы выше требуемого МПС ( $\eta \geq 0,92$ );

в) простота и надежность конструкции, возможность размещения в габаритах подкузовного пространства любого локомотива;

г) возможность модернизации при ремонте эксплуатируемого парка тепловозов для повышения их тяговых качеств.

4. Исследованиями установлено, что:

а) применение упругой продольной связи кузова и тележек обеспечивает существенное повышение использования сцепной массы автономных локомотивов Зорошиловградского производственного объединения тепловозостроения: тепловозов 2ТЭ116, 2ТЭ10В с 0,857 до 0,935... 0,942. 2ТЭ121 с 0,935 до 0,958, газотурбовоза ГЭ125 с 0,858 до 0,963. Высокое использование сцепной массы автоматически достигается не только на любом тяговом режиме, но и при торможении;

б) использование сцепной массы локомотива зависит от соотношения жесткостей ступеней рессорного подвешивания. Для каждого экипажа существует оптимальная с точки зрения тяговых качеств величина этого отношения, соответствующая наилучшему использованию сцепной массы, например, для тепловоза 2ТЭ116  $\frac{Ж_2}{Ж_1} = 27,5$ , а для 2ТЭ10В  $\frac{Ж_2}{Ж_1} = 28,2$ .

5. В результате исследования статически неопределимых систем

подвешивания локомотивов с различными конструктивными особенностями экипажной части получены:

- а) аналитические зависимости для определения степени использования сцепной массы;
- б) наилучшие с точки зрения максимального использования сцепной массы локомотива величины жесткости ступеней подвешивания, продольного относительного перемещения тележек под кузовом, деформации упругих элементов кузовного подвешивания;
- в) исходные данные для разработки и исследования на стенде различных вариантов моделей локомотивов в 1:5 натуральной величины.

6. Для улучшения тяговых качеств локомотивов разработана методика проведения статической развески, основанная на предварительном нагружении колесных пар, которые в режиме реализации тягового усилия являются лимитирующими, за счет ужесточения допусков. Использование сцепной массы тепловозов 2ТЭ116 и 2ТЭ10В увеличится при этом на 7...8%.

7. Разработан универсальный комплекс испытательного оборудования для проведения исследований модельных образцов локомотивов в 1:5 натуральной величины. Установка для моделирования тяговых и динамических качеств рельсового подвижного состава защищена авторским свидетельством.

8. Сравнительные испытания моделей экипажей, имитировавших по основным параметрам тепловоз типа 2ТЭ116, подтвердили эффективность предлагаемых методов повышения тяговых качеств локомотивов и достаточную схожимость результатов экспериментов с расчетными значениями.

9. Установлена высокая технико-экономическая эффективность применения упругой продольной связи кузова и тележек для улучшения тяговых качеств локомотивов. Повышение коэффициента использования сцепной массы тепловоза мощностью 4000 л.с. (типа 2ТЭ116А) при работе на расчетном участке пути на 7,3% позволяет увеличить вес состава на 200т.

10. Для тепловозов, находящихся в эксплуатации, увеличение коэффициента использования сцепной массы до требуемых МПС значений может достигаться:

- модернизацией рессорного подвешивания с целью получения оптимального для данного экипажа с точки зрения тяговых качеств соотношения жесткостей ступеней;
- применением во второй ступени рессорного подвешивания упругих элементов переменной жесткости;
- корректным выполнением статической развески при помощи установки регулировочных прокладок в боковых опорах кузова на тележку для предварительного догружения лимитирующих колесных пар.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Жданов С.А. Упругая продольная связь кузова с тележками локомотива. - В кн.: Научные основы проектирования машин и автоматизация производственных процессов. Ворошиловград, 1975, с.26

(В соавторстве с А.Н.Коняевым).

2. Жданов С.А. Сопряжения кузова с тележкой. - Авторское свидетельство СССР № 509480. - Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1976, № 13, с.62 (В соавторстве с А.А.Андреевым и А.Н.Коняевым).

3. Жданов С.А. Исследование технико-экономических характеристик тепловозов с электрической передачей переменного тока. - В кн.: Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Машиностроение и металлообработка. Вып.17. Киев, "Вища школа", 1976, с.5,6 (В соавторстве с А.Н.Коняевым, В.П.Теребильниковым, В.М.Новиковым, В.И.Могиллой, Н.Б.Золотаревой).

4. Жданов С.А. Сопряжение тележек с кузовом многотележного локомотива. Авторское свидетельство СССР № 545500. - Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1977, № 5, с.56 (В соавторстве с А.А.Андреевым и А.Н.Коняевым).

5. Жданов С.А. К вопросу о перераспределении осевых нагрузок при торможении. - В кн.: Конструирование и производство транспортных машин. Вып.9. Харьков, "Вища школа", 1977, с.45...49.

6. Жданов С.А. Некоторые результаты испытания моделей экипажей с продольной упругой связью кузова и тележек. - В кн.: Конструирование и производство транспортных машин. Вып.10. Харьков, "Вища школа", 1978, с.3...6 (В соавторстве с А.А.Андреевым и А.Н.Коняевым).

7. Жданов С.А. Установка для моделирования тяговых и динамических характеристик рельсового подвижного состава. Авторское свидетельство СССР № 590637. - Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1978, № 4, с.163 (В соавторстве с А.Н.Коняевым и Н.Д.Меренко).

8. Жданов С.А. Сопряжение кузова с тележкой железнодорожного тягового средства. Авторское свидетельство СССР № 613939. - Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1978, № 25, с.60 (В соавторстве с А.А.Андреевым, И.В.Ермоловой, А.Н.Коняевым).

9. Жданов С.А. Исследование тяговых качеств локомотивов с различными вариантами опор кузова и ступени подвешивания и упругим продольным сопряжением кузова и тележек. - В кн.: Конструирование и производство транспортных машин. Вып.11. Харьков, "Вища школа", 1979, с.18...26 (В соавторстве с В.П.Ткаченко).

10. Жданов С.А. Выбор параметров рессорного подвешивания с учетом его влияния на использование сцепной массы локомотивов. - В кн.: Проблемы механики железнодорожного транспорта. Тезисы докладов Всесоюзной конференции, посвященной памяти академика АН СССР В.А.Лазаряна. Днепропетровск, "Наукова думка", 1980, с.95,96. (В соавторстве с А.А.Андреевым и А.Н.Коняевым).



Ответственный за выпуск Иданов С.А. БВ 02182  
Подписано к печати 05.05. 1980 г. Формат бумаги 60 x 84  
I/I6. Объем I печ. лист. Заказ № 297 Тираж 100. Бесплатно.  
Отпечатано на ротапринтере Ворошиловградского машиностроительного  
института.  
348034 г.Ворошиловград, кв.Молодежный 20-а,

НТБ  
ДНУЖТ