

УДК 629.42.027.1.015.001

В.Д.ДАНОВИЧ, С.В.МЯМЛИН, Л.А.НЕДУЖАЯ

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ЛОКОМОТИВОВ

Розглянуто ряд конструкцій візків локомотивів вітчизняних та закордонних виробників, відзначаються їх особливості. За порівнянням технічних рішень робиться прогноз розвитку конструкцій екіпажної частини локомотивів.

A number of structures of locomotive bogies of domestic and foreign manufacturers are under consideration, their special features are discussed. On the basis of comparison of technical decisions a forecast on development of the locomotive vehicle part structures is being performed.

Для определения динамических качеств локомотива, выбора рациональных параметров ходовых частей, обеспечивающих безопасное движение с конструкционной скоростью по прямолинейным и криволинейным участкам пути необходим целый комплекс исследований, который включает в себя выбор расчетной схемы, разработку соответствующей математической модели пространственных колебаний, составление программы вычислений и проведение собственно теоретических и затем экспериментальных исследований.

Одним из необходимых условий улучшения качества тягового подвижного состава железных дорог является определение рациональных параметров ходовых частей. Среди многочисленных вопросов, связанных с этой проблемой, важное место занимает задача определения динамических качеств на стадии проектирования.

Известно, что динамические качества локомотива, в основном, определяются значением и распределением статических прогибов рессорного подвешивания, его демпфирующей способностью. Принято считать, что применение более гибкого подвешивания позволяет снизить амплитуды дополнительных нагрузок в экипажах. Предусмотрено для тележечных локомотивов двухступенчатое рессорное подвешивание. Из данного требования следует, что при исследовании динамических качеств локомотивов необходимо учитывать характеристики:

© В.Д.Данович, С.В.Мямлин, Л.А.Недужая, 2000

- подвешивания кузова на тележках;
- связи кузова и тележек.

Таким образом, актуальным является обобщение теоретических, научно-методических, экспериментальных исследований, направленных на дальнейшее совершенствование тележек магистральных электровозов перспективной конструкции.

Для того, чтобы обеспечить выполнение предъявляемых к ним требований, электровозы должны иметь большую силу тяги, лучшие электро-механические параметры, меньшие затраты на производство, обслуживание и ремонт, высокую надежность.

Для изучения динамических качеств магистрального грузового локомотива при совершенствовании конструкции ходовых частей целесообразно использовать математическую модель его пространственных колебаний, провести комплекс теоретических и затем экспериментальных исследований. При этом сопоставление делается с уже существующими конструкциями.

Рассмотрим некоторые типы ходовых частей локомотивов.

Так, Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт электровозостроения (АО ВЭЛНИИ) выпускает магистральный грузопассажирский электровоз переменного тока типа ВЛ65, отличительной особенностью которого является передача тягового и тормозного усилий от тележки к кузову за счет продольных тяг [1] и опорно-рамное подвешивание тяговых двигателей.

Для улучшения динамических качеств локомотивов параллельно с витыми пружинами в первой и второй ступенях рессорного подвешивания устанавливаются гидравлические и фрикционные демпферы с нелинейными характеристиками. Так, на электровозах ЧС7 установлены гидродемпферы, а на тепловозах 2ТЭ10М и 2ТЭ116 используются фрикционные демпферы. ПО "Лугансктепловоз" и ПО "Коломенский завод" исследуют наиболее распространенные в локомотивостроении типы демпферов. В настоящее время появилось новое направление – применение пневмодемпфирования, что позволяет не только в 6 – 10 раз повысить технический ресурс гасителей колебаний, но и обеспечить качественно новые возможности улучшения виброзащиты подвижного состава [2].

На электровозах, тепловозах, пассажирских вагонах, на вагонах дизель- и электропоездов как моторных, так и прицепных широкое распространение получили тележки с жесткой рамой. Системный структурный анализ этих тележек привел в своей работе Решетов Л.Н. [3]. Им приведена рациональная схема рамы тележки локомотива с индивидуальным приводом [4].

Конструкция сочленения рамы кузова с тележкой является сложной механической системой. В связи с наличием линейных и угловых смещений в соединениях, неточностей изготовления звеньев нарушаются условия плоского движения механизмов и следует рассматривать систему (с точки зрения статики и динамики) как пространственную, поскольку она мало чувствительна к деформациям деталей и рессорного подвешивания.

Как пространственный механизм, детали соединения, монтируемые на раме тележки и люлечном подвешивании, не должны испытывать стеснений в движении, то есть при структурном синтезе вид кинематических пар необходимо подбирать таким образом, чтобы детали соединения могли приспособляться к изменениям положения опорных точек звеньев при изменении

взаимного расположения. Это возможно путем создания статически определимого механизма, то есть соединения без лишних связей.

Совершенствованием конструкции тележки локомотивов занимаются производители многих стран.

Новым техническим решением, применяемым на электровозе 120004 (Германия), является универсальная тележка, успешно применяемая на головном моторном вагоне электропоезда ICE и других локомотивах [5]. Важной особенностью тележки является уменьшение подрессоренной массы, что существенно уменьшает износ колес и рельсов. Испытания тележки на участке Dillingen - Trier с большим количеством кривых малого радиуса показали, что из-за своей малой жесткой базы, равной 2650 мм, тележки показывают очень высокие ходовые качества.

Компания Дженерал Электрик (США) работает над улучшением ходовых качеств локомотивов [6]. На железную дорогу Санта-Фе поставлены новые мощные 4х-осные тепловозы, динамика которых улучшена за счет установки гасителей продольных и поперечных колебаний.

Отделение EMD компании Дженерал Моторс использует под локомотивами тележки HTCR с радиальной установкой колесных пар в кривых, что повышает уровень реализуемого коэффициента сцепления на 12 – 20%. Уменьшены поперечные нагрузки из-за снижения угла набегания гребня в кривых за счет радиальной установки колесных пар, что привело к улучшению ходовых качеств и устойчивости [7]. Поскольку работа пар трения скольжения заменена работой гидравлических демпферов, эти качества остаются неизменными на протяжении всего межремонтного периода работы тележки.

При проектировании новых локомотивов теоретически оценивают их динамическую нагруженность. Разработана математическая модель локомотива и уравнения движения поезда при выполнении тяговых оптимизационных расчетов [8]. Дан анализ представления в памяти ЭВМ выходных (тяговых) характеристик и расходных характеристик, которые используются в тяговых оптимизационных расчетах. С целью сокращения размера используемой памяти ЭВМ предложен интерполяционный вариант этих характеристик.

Вновь построенные электровозы подвергаются, как правило, стендовым или поездным полигонным испытаниям.

Так, на Хеннигсдорфском электровозостроительном заводе под Берлином проведены стендовые испытания нового универсального электровоза типа 12X фирмы АЕЕ на катковой станции, которая построена специально для доводки электровозов. Эти электровозы рассчитаны для максимальной эксплуатационной скорости 220 км/ч. При стендовых испытаниях отмечены в этом электровозе хорошие ходовые качества вплоть до скорости 330 км/ч [9].

На катковой станции (г. Мюнхен) проведены стендовые испытания электровоза типа 460 Федеральных железных дорог Швейцарии, который рассчитан на максимальную скорость 240 км/ч. Однако при испытании имел скорость до 300 км/ч. Сущность испытаний на катковой станции состоит в отработке и регулировке системы рессорного подвешивания во всем диапазоне скоростей перед проведением ходовых испытаний [10].

Конструкторы подвижного состава совершенствуют схемы железнодорожных экипажей с целью улучшения динамики и повышения скорости. Со-

вершенствуется рессорное подвешивание (РП) для обеспечения безопасной и надежной работы локомотива.

Так, в железнодорожном экипаже [11] первая ступень РП состоит из цилиндрических пружин и гидравлического гасителя колебаний, а вторая ступень – из пневматической рессоры и гидравлического гасителя колебаний. Кузов экипажа опирается шарнирно на тележки через центральное РП, расположенное между кронштейном поперечной балки тележки и несущим элементом кузова экипажа. Между рамой кузова и рамой тележки имеются горизонтально расположенные гидравлические гасители колебаний. Кузов экипажа и тележка соединены между собою также продольными и поперечными поводками.

Для железных дорог Франции создан универсальный электровоз серии 26000 SYBIC, в котором кузов через резино-металлические элементы опирается на две 2х-осные тележки с винтовыми пружинами и вертикальными гасителями колебаний в первичной ступени рессорного подвешивания.

С целью улучшения динамики путем снижения необрессоренных масс [12] создана тележка локомотива, содержащая раму, установленные на ней тяговые электродвигатели, валы которых соединены с колесными парами посредством зубчатых редукторов, опирающихся со стороны ведомых зубчатых колес через подшипниковые узлы на оси колесных пар. Редукторы снабжены промежуточными шестернями, взаимодействующими с ведущими шестернями, соединенными с валами электродвигателей, уравновешенными шарнирно-проводниковыми муфтами. Корпусы редукторов связаны с рамой тележки шарнирными соединениями, оси которых совпадают с осями вращения промежуточных шестерен и взаимодействуют с ней через элементы рессорного подвешивания.

Техническое решение по повышению надежности тележки изложено в [13]. Тележка имеет буксы в виде коленчатого рычага, причем крайней точкой горизонтального плеча букса через сферический подшипник соединяется с колесной парой, а нижней точкой вертикального плеча буксы соединяются между собой при помощи пружины.

Продольная связь между колесными парами [14] выполнена в виде продольно расположенных на уровне колесных осей шарнирных тяг, связывающих одноименные буксы всех колесных пар, а связь тележки с кузовом в том же направлении – аналогичными шарнирными тягами, соединяющими кузов с буксами одной или обеих крайних колесных пар. Продольная удерживающая связь рамы тележки с кузовом выполнена также посредством шарнирных тяг, допускающих перемещения рамы относительно колесных пар и кузова в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Поперечная связь рамы тележки с колесными парами и буксами каждой колесной пары между собой выполнена посредством расположенных параллельно осям колесных пар поперечных штанг.

Улучшение динамических качеств предложено в [15], где поперечная упругая связь крайних и средних колесных пар с рамой 1 выполнена с разными характеристиками жесткости либо путем подбора упругих элементов 4 буксовых поводков 3, либо установкой дополнительных упругих осевых упоров на средних колесных парах через буксы 2 (рис. 1). Оптимальным в смысле распределения поперечных сил между колесными парами считаются величины, обратно пропорциональные расстояниям колесных осей от центра тележки.

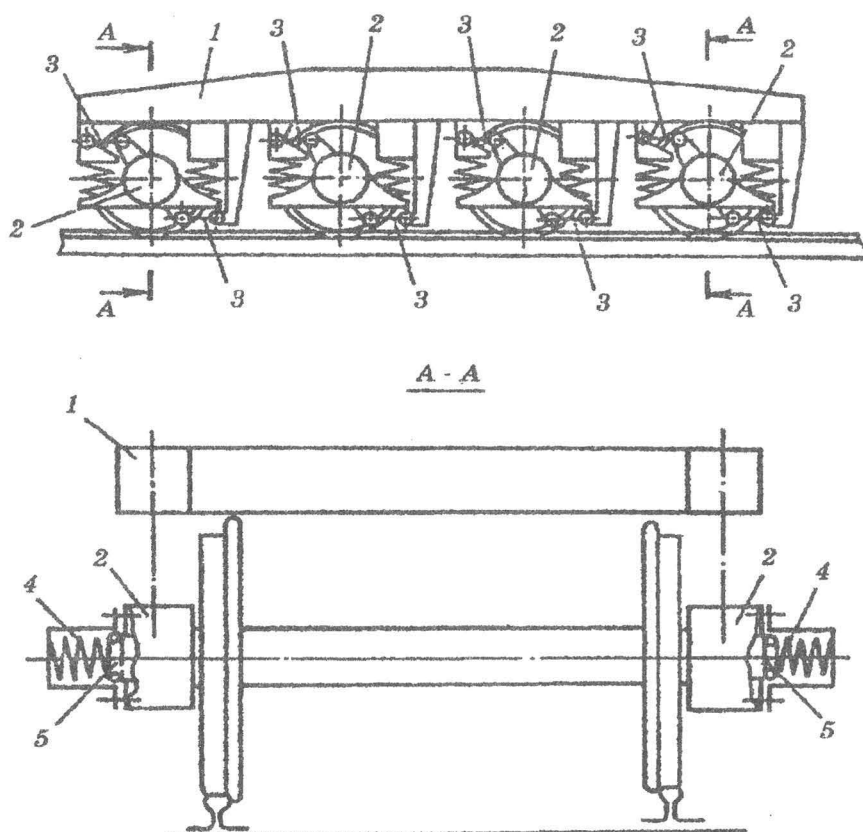


Рис. 1

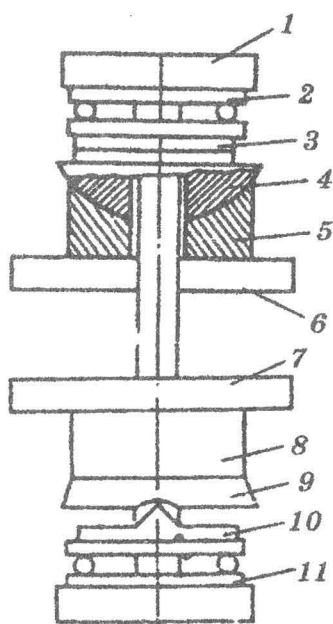


Рис. 2

Конструкция узла сопряжения [16] кузова транспортного средства с тележкой, которая улучшает динамические характеристики локомотивов, достигается тем, что между шарнирами подвески, рамами кузова и тележки установлены дополнительные сферические шарниры (рис. 2). Предложенный узел соединения состоит из тяги 1, опирающейся своей верхней головкой на упорный подшипник 2, который в свою очередь опирается на диск 3 с диаметральным выступом. Выступ входит в диаметральный паз плоской поверхности сферической прокладки 4, лежащей в сферическом гнезде 5, закрепленном на раме тележки 6. Сферическая прокладка 4 и сферическое гнездо 5 образуют дополнительный шарнир. Соответственно главная рама 7 через сферическое гнездо 8, сферическую про-

кладку 9 с диаметральной пазом на плоской поверхности, диск 10 с диаметральной выступом на упорном подшипнике 11 опирается на нижнюю головку тяги. Упорные подшипники 2 и 11 обеспечивают минимальную силу сопротивления повороту соответствующего шарнира вокруг оси тяги. Диск 3 со сферической прокладкой 4 и диск 10 с прокладкой 9 составляют два одинаковых шарнира, совокупность которых составляет один двойной шарнир.

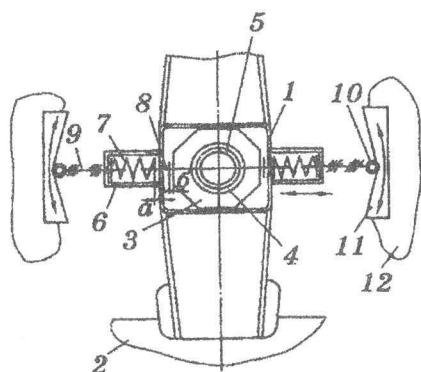


Рис. 3

Улучшение горизонтальной динамики локомотива в прямых и кривых участках пути достигается за счет устройства [17], состоящего из коробки 1 (рис. 3), установленной на раме тележки 2, ползуна 3 с поллой гильзой 4 для размещения шкворня 5, стаканов 6 с пружинами 7 и упорами 8, взаимодействующими с ползуном. Следящее устройство – штоки 9 – одними концами через ролики 10 взаимодействуют с криволинейной поверхностью плит 11 на раме кузова 12. При движении по прямой поперечные колебания кузова сопровождаются перемещениями ползуна 3 в коробке 1 и плит 11 в плоскости, перпендикулярной продольной оси локомотива, и деформацией пружины 7 из-за перемещения штоков 9 и упоров 8. При движении в кривой и угловых перемещениях кузова и тележки происходит продольное перемещение плит 11, при этом штоки 9 получают поперечное перемещение, деформируя пружины 7 и вызывая возвращение силы.

зуна 3 в коробке 1 и плит 11 в плоскости, перпендикулярной продольной оси локомотива, и деформацией пружины 7 из-за перемещения штоков 9 и упоров 8. При движении в кривой и угловых перемещениях кузова и тележки происходит продольное перемещение плит 11, при этом штоки 9 получают поперечное перемещение, деформируя пружины 7 и вызывая возвращение силы.

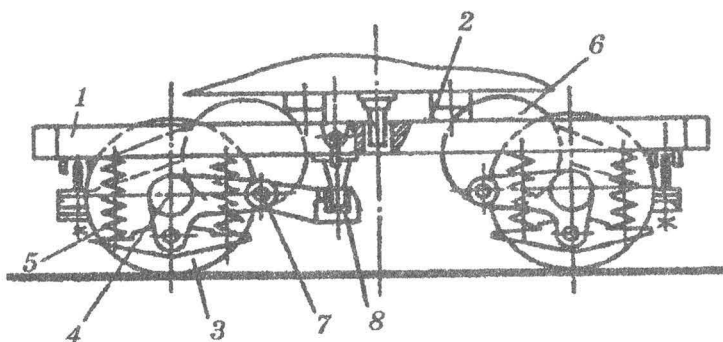


Рис. 4

Для упрощения конструкции и повышения надежности в эксплуатации создана тележка рельсового транспортного средства [18], которая состоит из жесткой рамы 1 с опорами 2 кузова, колесных пар 3 с буксами 4 и установленных на них упругих элементов 5, тяговых электродвигателей 6 (рис. 4). Буксы поворачивающихся колесных пар связаны шарниром 7 с поперечной поворотной в горизонтальной плоскости двухплечевой балкой 8, а буксы остальных колесных пар тележки связаны непосредственно с рамой тележки. Своими концевыми частями поперечная поворотная балка 8 вертикальными связями соединена с рамой тележки.

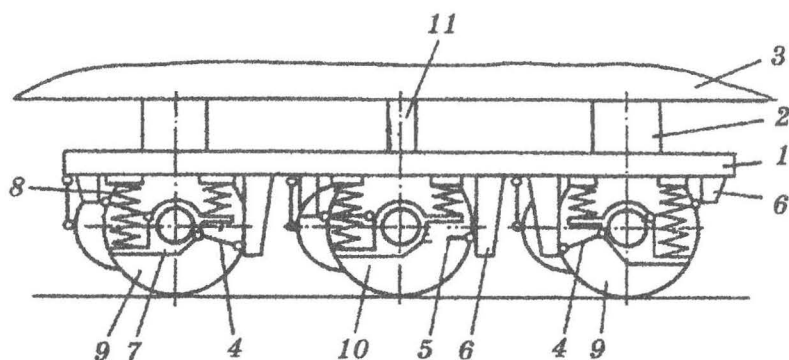


Рис. 5

Повышение тяговых свойств локомотива за счет выравнивания нагрузок на колесные пары решается в [19]. Тележка имеет раму 1, на которую посредством опор 2 передает свой вес кузов 3, наклонные 4 и горизонтальные 5 (рис. 5) продольные упругие поводки, связанные с кронштейнами боковин рамы 6 и корпусами букс 7, пружины 8 сжатия, передающие вес экипажа на колесные пары 9 и 10. Тяговые усилия, создаваемые электродвигателями, передаются от колесных пар на раму тележки через поводки 4 и 5, а от рамы на кузов локомотива – посредством шкворня 11.

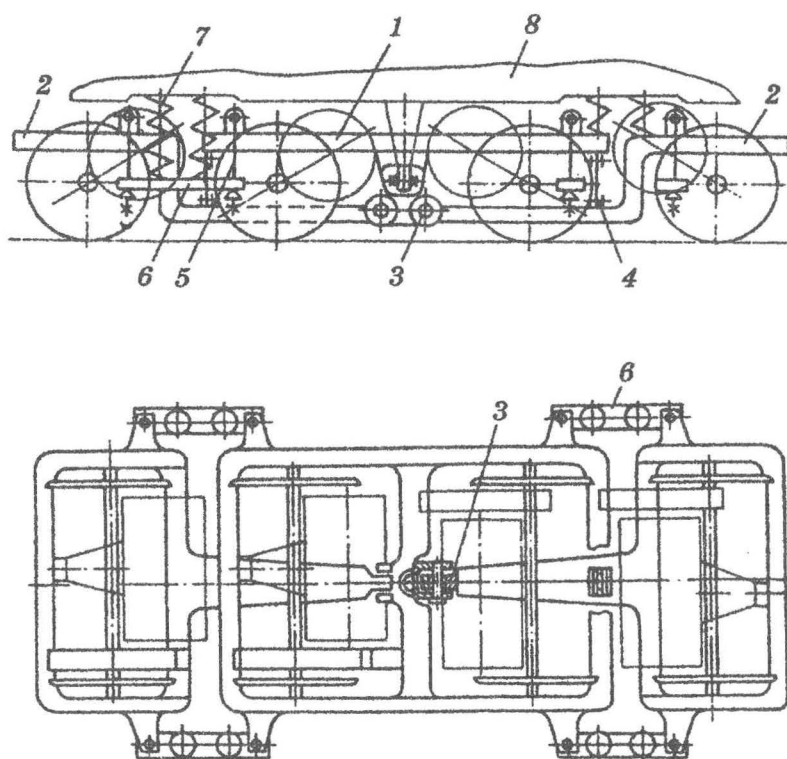


Рис. 6

Для улучшения горизонтальной динамики и повышения использования сцепного веса локомотива создана четырехосная тележка локомотива [20]. Балки-балансиры 6 присоединены к рамам двухосной 1 и одноосной тележек

2 посредством маятниковых подвесок 5 (рис. 6), а каждый фигурчатый рычаг выполнен Г-образным, причем его горизонтальное плечо расположено на уровне нижнего габарита тележки в месте размещения на ней шкворневого узла 3, а вертикальное плечо жестко соединено с рамой одноосной тележки. При движении локомотива тяговые и тормозные усилия передаются через центральный шкворень на кузов, а от прицепных тележек на основную тележку через поводки 4. Вертикальная нагрузка от кузова 8 передается через упругие элементы 7, балки-балансиры 6 и маятниковые подвески 5 на рамы основной и прицепных тележек параллельно.

Проведенный обзор конструкций показывает, что в настоящее время разработаны разнообразные технические решения ходовых частей локомотивов.

Единой является тенденция в совершенствовании ходовых частей, заключающаяся в применении различных технических решений, способствующих повышению плавности хода и снижению динамической нагруженности локомотивов.

1. Щербаков В.Т. Электровозостроение в России // Железнодорожный транспорт. – 1996. – №2. – С. 32 – 35.
2. Беляев А.И., Емельянов Ю.В., Князева И.А. Улучшение динамических качеств подвижного состава // Железнодорожный транспорт. – 1996. – №3. – С. 38 – 42.
3. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы: Справочник. – М.: «Машиностроение», 1985. – 272 с.
4. А.с. 442104 СССР, МКИ В 61 f 3 04. Двухосная тележка локомотива с индивидуальным приводом / Решетов Л.Н. Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Баумана. – №1713982/27-11; Заявлено 17.11.71; Опубл. 5.9.74, Бюл. №33.
5. Семейство локомотивов Есо 200 фирмы АББ // Серия 11. Подвижной состав. Локомотивное и вагонное хозяйство / Экспресс-информация. – М.: ЦНИИТЭИ, 1995. – Вып. 6. – С. 1 – 5.
6. Тепловозы США 90-х годов. // Серия 11. Подвижной состав. Локомотивное и вагонное хозяйство / Экспресс-информация. – М.: ЦНИИТЭИ, 1993. – Вып. 3. – С. 1 – 3.
7. Тепловоз серии 70 (США) // Серия 11. Подвижной состав. Локомотивное и вагонное хозяйство. / Экспресс-информация. – М.: ЦНИИТЭИ, 1993. – Вып. 4. – С. 1 – 10.
8. Сырко П.И. и др. Математическая модель локомотива и уравнение движения поезда при выполнении тяговых оптимизационных расчетов на ЭВМ // Труды 38-й конф. «Повышение эффективности рамы железнодорожного транспорта в новых условиях». – Хабаровск: ХабИИЖТ, – 1993 – С. 37 – 38.
9. Испытания электровоза Германских железных дорог. Erfolgreicher Test aut dem Rollprüfstand // Int. Verkehrsw. – 1994. – 46, №11. – С. 670.
10. Стендовые испытания электровозов типа 460. «Lok 2000» der SBB auf dem Rollprüfstand // Bundesbahn. – 1992. – 68, №2. – С. 273.
11. Железнодорожный экипаж. Schienenfahrzeug: Заявка 4226931 ФРГ, НКИ В 61 F 5/22 / Sames Gerhold. – №4226931.8; Заявл. 17.8.92; Опубл. 24.2.94.
12. А.с. 1614999 СССР, МКИ В 61 F 3/04. Тележка локомотива / Беляев А.И., Бондаренко П.М. Всесоюзный научно-исследовательский тепловозный институт. – №4438905/25-11; Заявлено 10.06.88; Опубл. 23.12.90, Бюл. №47.
13. А.с. 1553429 СССР, МКИ В 61 F 3/02. Тележка железнодорожного транспортного средства / Князев А.В., Артемов П.П. Коломенский тепловозостроительный завод им. В.В.Куйбышева. – №4372609/11; Заявлено 08.01.88; Опубл. 30.03.90, Бюл. №12.
14. А.с. 1823837 СССР, МКИ В 61 F 3/02, 5/00. Многоосная тележка железнодорожного транспортного средства / Ибрагимов К.Г. – №4619769/11; Заявлено 13.12.88; Опубл. 23.06.93, Бюл. №23.
15. А.с. 1823838 СССР, МКИ В 61 F 3/02. Многоосная тележка железнодорожного транспортного средства / Ибрагимов К.Г. – №4698007/11; Заявлено 21.04.89; Опубл. 23.06.93, Бюл. №23.
16. А.с. 614985 СССР, МКИ В 61 F 5/16. Узел соединения кузова локомотива с тележкой / Балашов А.В., Зеленов И.И., Камаев В.А., Никитин С.В., Стребков Н.Д. – №2167995/27-11; Заявлено 25.08.75; Опубл. 15.07.78, Бюл. №26.
17. А.с. 1344662 СССР, МКИ В 61 F 5/16. Устройство связи рельсового транспортного средства с тележкой / Гундарь В.П., Горбунов Н.И., Титаренко В.С., Коняев А.Н., Бурка М.Л. Производственное объединение «Ворошиловградский тепловозостроительный завод им. Октябрьской революции». – №3986451/25-11; Заявлено 09.12.85; Опубл. 15.10.87, Бюл. №38.
18. А.с. 1025555 СССР, МКИ В 61 F 5/38. Тележка рельсового транспортного средства / Молчан Н.Ф., Акишин Е.П., Литвинов А.Т., Гибалов А.И. Производственное объединение «Ворошиловградский тепловозостроительный завод им. Октябрьской революции». – №3290455/27-11; Заявлено 21.05.81; Опубл. 30.06.83, Бюл. №24.

19. А.с. 1253863 СССР, МКИ В 61 F 5/26, 5/36. Трехосная тележка локомотива / Горбунов Н.И., Коняев А.Н., Ткаченко В.П., Голубенко А.Л., Крамарь Н.М., Филонов С.П., Сухов И.Н. Ворошиловградский машиностроительный институт. – №3681255/27-11; Заявлено 30.12.83; Оpubл. 30.08.86, Бюл. №32.
20. А.с. 914376 СССР, МКИ В 61 F 5/38. Четырехосная тележка локомотива / Молчан Н.Ф., Гавриш И.А., Акишин Е.П., Литвинов А.Т., Антипова В.И., Гибалов А.И. Производственное объединение «Ворошиловградский тепловозостроительный завод им. Октябрьской революции». – №2856920/27-11; Заявлено 24.12.79; Оpubл. 23.03.82, Бюл. №11.

Государственный технический
университет железнодорожного
транспорта,
г. Днепропетровск

Получено 22.09.00