УДК 629.4.027

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КОЛЕСНЫХ ПАР, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ РЕЛЬСОВОГО ЭКИПАЖА

Михайлов Е.В., Семенов С.А.

ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS THE WHEEL PAIRS DIRECTED DECREASE IN RESISTANCE TO MOVEMENT OF RAIL VEHICLE

Mikhaylov E., Semenov S.

В статье выполнен теоретический обзор технических решений колесных пар, позволяющих уменьшить сопротивление движению рельсового экипажа. Отмечено, что существующая традиционная конструкция колесной пары, несмотря на эксплуатацию, обладает рядом недостатков. Несоответствие кинематических и геометрических параметров поверхностей катания колес колесной пары и кинематических параметров ее движения вызыва-ет кинематическое сопротивление движению. Радикаль-ным способом снижения кинематического сопротивления движению рельсовых экипажей является уменьшение уровня циркуляции паразитной мощности за счет введе-ния в кинематические цепи развязывающих точек, чего можно добиться благодаря применению новых техниче-ских решений колесных пар и отдельных колес. Проведен-ный обзор и анализ конструктивных особенностей тех-нических решений устройств силовой торсионной связи и колес в колесных парах рельсовых экипажей позволил осуществить их условную классификацию с точки зрения возможностей снижения кинематического сопротивле-ния движению.

Ключевые слова: *анализ, колесная пара, сопротивление движению, рельсовый экипаж, техническое решение.*

Постановка проблемы. Анализ составляющих сопротивления движению рельсовых экипажей показывает, что наиболее перспективным направлением его снижения является уменьшение тех компонент, которые генерируются в результате фрикционного взаимодействия колес и рельсов [1].

Влияние на интенсивность процессов этого фрикционного взаимодействия таких факторов, как материалы контактирующих поверхностей, профили колес и рельсов, лубрикация, применение устройств улучшающих динамику рельсовых экипажей и обеспечивающих радиальную установку тележек и колесных пар, подробно рассматривалось в значительном количестве исследований [2-7]. В рамках настоящей работы мы ограничимся рассмотрением недостаточно, на наш взгляд, изученного направления, посвященного влиянию на сопротивление движению рельсовых экипажей конструкций их колесных пар.

Анализ последних исследований и публикаций. Колеса на рельсовом транспорте традиционно объединяются в колесную пару с жесткой посадкой их на общую ось для обеспечения самоцентрирования экипажа в колее при движении в прямых участках пути. Эта достаточно простая и проверенная почти двумя столетиями эксплуатации конструкция выполняет в рельсовом экипаже функции восприятия вертикальной нагрузки от надрессорного строения, направления экипажа в рельсовой колее, а также функции движителя и тормозного устройства. С позиций генерации сил сопротивления движению экипажа, такая традиционная конструкция колесной пары имеет ряд существенных недостатков, достаточно полно раскрытых в работах ряда ведущих специалистов [1, 3, 8 - 10]. Так, в трудах В.П. Ткаченко [1, 11 и др.] указывается, что несоответствие кинематических и геометрических параметров поверхностей катания колес колесной пары и кинематических параметров ее движения вызывает кинематическое сопротивление движению, величина которого определяется уровнем паразитных проскальзываний в замкнутых силовых контактных контурах [11]. При взаимодействии колеса с рельсом, особенно при их двухточечном контактировании (при наличии основного и гребневого контакта), возникает т.н. дифференциальное кинематическое сопротивление движению вследствие циркуляции паразитной мощности в замкнутом контуре «гребень колеса-боковая грань головки рельса-поверхность катания рельса-поверхность катания колеса». Циркуляционное кинематическое сопротивление движению является результатом «группового многоконтактного взаимодействия системы колес и колесных пар с рельсовым путем в процессе направляемого движения в рельсовой колее за счет циркуляции па-

разитной мощности в пределах одной колесной пары или группы колесных пар, объединенных одной рамой» [11].

Радикальным способом снижения кинематического сопротивления движению рельсовых экипажей является уменьшение уровня циркуляции паразитной мощности за счет введения в кинематические цепи развязывающих точек, чего можно добиться благодаря применению новых технических решений колесных пар и отдельных колес. В этом направлении ведутся работы учеными ведущих технически развитых стран мира. Возникновение циркуляции паразитной мощности в пределах одной колесной пары определяются наличием жесткой силовой торсионной связи пары колес в ней (под торсионной далее понимаем связь колес в направлении координаты вращения их вокруг своей оси), так как характеристики этой связи определяют величину продольных проскальзываний, возникающих в точках контакта поверхностей катания колес с рельсами, и соответствующий уровень циркуляционного кинематического сопротивления движению.

Снижение дифференциального кинематического сопротивления движению возможно при уменьшении циркуляции паразитной мощности в замкнутом контуре «гребень колеса-боковая грань головки рельса-поверхность катания рельса-поверхность катания колеса». Радикальное уменьшение этой циркуляции может быть достигнуто только при изменении конструктивной схемы отдельного колеса, допускающей независимое вращение его поверхности катания и гребня.

Зная структуру и механизмы возникновения составляющих кинематического сопротивления движению рельсовых экипажей, можно утверждать, что его снижение может быть осуществлено воздействием как отдельно на каждую из его составляющих, так и одновременным воздействием на обе составляющие.

Целью работы является изучение технических решений колесных пар, позволяющих уменьшить сопротивление движению рельсового экипажа.

Результаты исследований. Для выявления потенциальных преимуществ с точки зрения влияния различных конструктивных схем колесных пар и отдельных колес на сопротивление движению рельсовых экипажей по патентным базам и научным публикациям Украины и зарубежных стран проведен анализ известных технических решений в этой области техники. Выявлено достаточно широкое многообразие конструкций, причем среди них есть как образцы, уже апробированные в эксплуатации, так и те, которые нашли отражение лишь в описаниях и патентах.

Анализ показал, что внимание большинства исследователей в этой области сосредоточено преимущественно на создании конструкций, позволяющих изменять характеристики силовой торсионной связи пары колес в колесной паре. И лишь достаточно небольшое число исследований направлено на совершенствование конструктивных схем отдельных колес. По особенностям характеристик указанной связи конструктивные схемы колесных пар можно условно разделить на четыре группы (рис.1).

К группе 1 отнесем колесные пары традиционной конструктивной схемы (ТКС) с жесткой насадкой колес на общую ось. Им присущи все отмеченные выше недостатки с точки зрения сопротивления движению. Кинематическое сопротивление их движению принимаем за 100%.

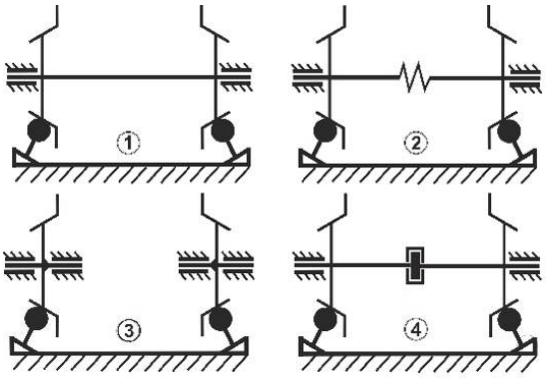


Рис. 1. Классификация конструктивных схем колесных пар
1 – традиционные; 2 – торсионно-упругие;
3 – с независимо вращающимися колесами;
4 – с регулируемым скольжением

Ко второй группе можно отнести т.н. «торсионно-упругие» колесные пары (колесные пары с пониженной жесткостью силовой торсионной связи колес). Колеса в этих конструкциях не имеют возможности полностью независимого вращения, а могут лишь поворачиваться на относительно небольшие углы друг относительно друга. Пример характерной схемы подобной конструкции приведен на рис.2. В ней колеса 1 установлены на оси 2 при помощи подшипников 3.

Торсионная связь колес между собой осуществляется посредством полых полуосей 4 и упругого элемента 5.

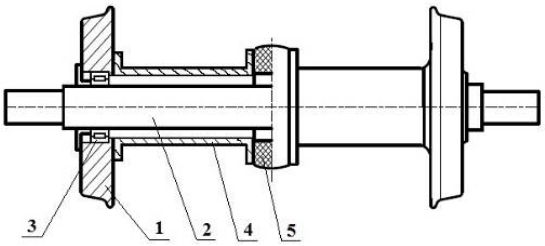


Рис. 2. Схема торсионно-упругой колесной пары [13]

За счет уменьшения жесткости торсионной связи колес в таких колесных парах можно обеспечить снижение частоты виляния при движении в прямых участках пути, но невозможно компенсировать разность расстояний, проходимых левым и правым колесом при движении в кривых [1, 8]. Кроме того, в ряде случаев возможно возникновение фрикцион-

ных автоколебаний, что негативно скажется на сопротивлении движению.

Согласно данным [1], использование колесных пар указанной группы позволяет снизить циркуляционную составляющую кинематического сопротивления движению рельсовых экипажей на 5…8%.

К третьей группе отнесены конструкции колесных пар с независимо вращающимися колесами [12, 14 - 17 и др.]. Торсионная связь колес в таких конструкциях полностью отсутствует. К достоинствам таких конструкций можно отнести повышение устойчивости движения в прямых за счет устранения интенсивного виляния, которое вызывается значительными продольными составляющими сил крипа, имеющими место при жесткой силовой торсионной связи колес. Недостатком конструктивных решений данной группы является повышенный износ гребней, возникающий из-за отсутствия самоцентрирования колесных пар колее и, вследствие этого, продолжительного контактирования гребней независимо вращающихся колес с рельсами.

Известные примеры реального использования колесных пар с независимо вращающимися колесами в ходовых частях рельсовых экипажей достаточно немногочисленны: поддерживающая тележка дизель-поезда ДР-1 (СССР), вагонная тележка НТ-310М Великолуцкого ТРЗ (РФ), ходовые части дизель-поезда DLL (Швеция), пассажирских вагонов KSK (Япония) и F75 фирмы Fiat (Италия), тележка электропоезда MD 52-350 (Германия), дизель-поездов Talgo (Испания).

Одна из воплощенных в «металл» разработок колес независимого вращения в странах СНГ проведена специалистами ВНИТИ и ОАО ХК «Коломенский завод» [6] (рис.3-а) при создании перспективной двухосной тележки для тягового подвижного состава. Колеса 1, вращающиеся на конических подшипниках качения 4, смонтированы на невращающейся оси 2. Для предотвращения аварийных ситуаций каждое из колес имеет дублирующие подшипники скольжения 3, размещенные в ступицах колес между двумя комплектами конических подшипников качения. Для стабилизации движения колесной пары с кинематически не связанными независимо вращающимися на оси колесами и избежания продолжительного контакта их гребней с боковыми гранями головок рельсов в прямых участках пути использовано оригинальное решение - возбуждение принудительных колебаний оси в горизонтальной плоскости посредством специального исполнительного механизма системы автоматического управления движением тележки в колее [6, 18]. Данное решение является приемлемым для использования как на тяговом так и на прицепном подвижном составе, однако отличается сложностью и дороговизной реализации.

Украинскими учеными также проводились разработки колесных пар, относимых к данной группе. Примером является предложенное специалистами ДИИТа техническое решение [14], особенностью которого, помимо независимости вращения колес, является возможность движения колесной пары по рельсовой колее различной ширины (рис.3 - б).

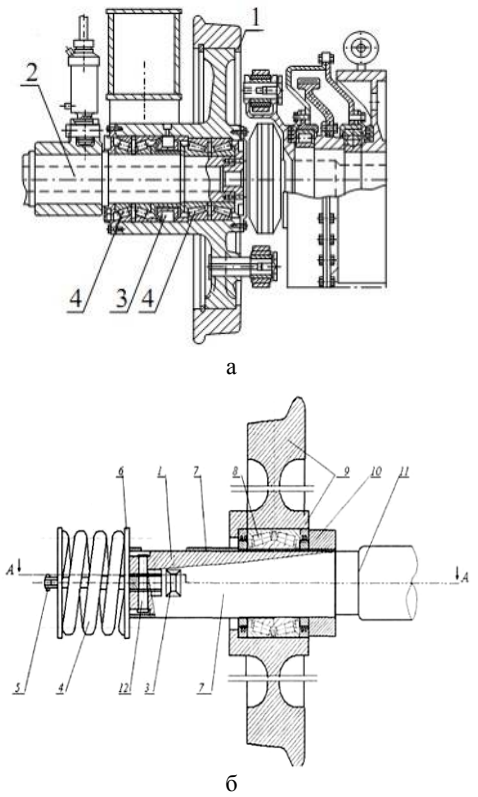


Рис. 3. Конструктивные решения колесных пар группы 3: а – конструкция ВНИТИ и ОАО ХК «Коломенский завод», б – Колесная пара «ДНУЗТ» [14]

В процессе эксплуатации одного из поездов Talgo на маршруте Алматы – Астана с сентября 2003 по март 2004 г. установлен факт интенсивного износа гребней, обусловленного особым характером вписывания передней одноосной тележки в кривой с реализацией повышенных направляющих усилий и, соответственно, повышение сопротивления.

Ряд относящихся к данной группе технических решений предполагает отсутствие общей оси. В условную колесную пару входят два отдельных колесных блока с дополнительными буксовыми узлами [19 - 23 и др.]. Наиболее известной и успешной из таких конструкций является испанская система «Talgo» (рис.4), активная эксплуатация которой уже в течение пятидесяти лет осуществляется на испанских железных дорогах [7], а также на дорогах ряда других стран.

При анализе характеристик износа гребней колес обнаружено, что гребни колес торцевых и межвагонных тележек имели износ, интенсивность которого составляла в среднем 2,01 и 0,95 мм соответственно на 20000 км пробега.

Тележка для пассажирских вагонов, предложенная специалистами фирмы Fiat [19], также не содержит осей колесных пар как таковых (рис.5).

Колеса 1 установлены в раме тележки 2 при помощи буковых узлов 3 (по два на каждое колесо) и не имеют торсионной силовой связи друг с другом.

Рис. 4. Колесная пара системы «Talgo»

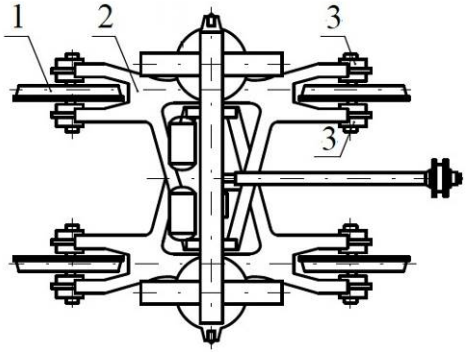


Рис. 5. Тележка для пассажирских вагонов фирмы Fiat

Снижение кинематического сопротивления при использовании колесных пар этой группы может достигать по разным оценкам 15...25%, хотя известные экспериментальные и расчетные данные достаточно противоречивы. Так, например, результаты теоретических исследований [1] показали недостаточно высокую эффективность таких конструкций в плане снижения сопротивления движению при движении в кривых радиусом более 900 м. Расчетное кинематическое сопротивление движению всех рассматриваемых экипажей в этих случаях оказалось на 10-15% выше, чем при использовании традиционных колесных пар. Правда, в кривых малого радиуса (менее 500 м) оно было на 20…50% ниже.

Как за рубежом так и в странах СНГ были предложены различные способы обеспечения самоцентрирования в колее колесных пар со свободно вращающимися колесами, относящихся к третьей группе принятой условной классификации технических решений. Устранение этого существенного недостатка конструкций колесных пар этой группы возможно при использовании устройств, позволяющих осуществлять регулируемое относительное вращение колес при задании постоянной или управляемой силовой характеристики торсионной связи колес в колесной паре.

Такие конструкции отнесены к четвертой группе условной классификации. Эта группа конструкций отличается наличием фрикционной или упругофрикционной силовой торсионной связи между колесами, позволяющей реализовывать докритический уровень относительного скольжения в контакте каждого колеса с рельсом, что также дает возможность исключить взаимное влияние неодинаковых условий контактирования колес, обеспечить минимизацию износа контактных поверхностей колес и рельсов при движении в кривых участках пути и снизить сопротивление движению.

Схема одного из технических решений данной группы с фиксированным значением максимального крутящего момента, который способна передавать силовая торсионная связь колес, представлена на рис.6. Колесная пара содержит жестко установленную на оси 1 двустороннюю пяту 2 и двусторонний подпятник 3 в виде упорного подшипника скольжения или качения, установленного в корпусе 4. Корпус 4 соединен с колесом и закрыт крышкой 5 с уплотнением [24]. Колесо установлено на оси 1 при помощи подшипника 6, воспринимающего радиальную нагрузку со стороны надрессорного строения экипажа. Пята 2 через корпус 4 воспринимает осевую нагрузку со стороны рельсов. Добиться достаточного «самоцентрирования» при движении данной конструкции колесной пары в прямых участках пути можно добиться путем подбора соответствующего материала трущихся деталей, что обеспечит необходимый момент сопротивлению проворота одного колеса относительно другого.

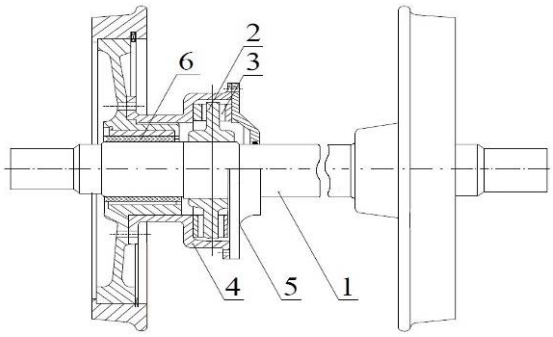
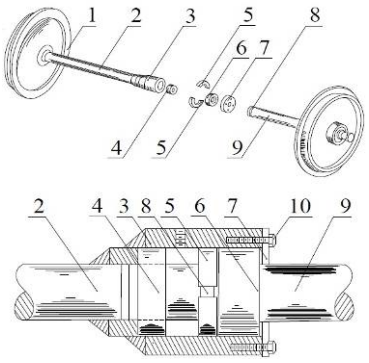


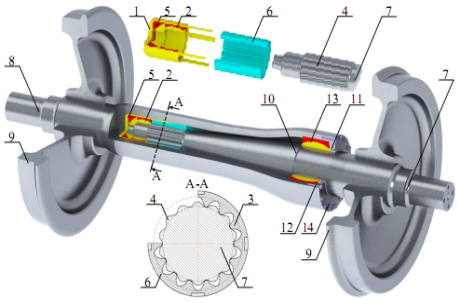
Рис. 6. Конструктивная схема колесной пары с постоянной силовой торсионной характеристикой связи колес

Подобным техническим решением данной группы является разработка США [25]. Ось колесной пары состоит из двух частей (рис.7 - а). Окончанием левой части оси 2 является полый элемент 3. На правую часть оси 9 надеваются две износостойкие втулки 4 и 6, между которыми в канавку 8 укладываются полукольцевые сухари 5, обеспечивающие целостность конструкции. Сухари 5 упираются в износостойкую втулку 6, которая, в свою очередь, упирается в крышку 7, прикрепленную к полому элементу 3 левой части оси 2 при помощи болтов 10. Благодаря такой конструкции колёсной пары независимость вращения будет обеспечиваться за счет износостойких втулок 4 и 6. Максимальный крутящий момент, передаваемый силовой торсионной связью между колесами, будет определяться фрикционными характеристиками узла сопряжения полуосей колесной пары.

Чупраковым Е.В предложена конструкция колесной пары «дифференциального исполнения» [10, 25 - 27 и др.] с упруго-фрикционной силовой торсионной связью между колесами, которая позволяет реализовать докритический уровень относительного скольжения в контакте каждого колеса с рельсом (рис.7 - б).



а



б

Рис. 7. Конструктивные схемы колесных пар с постоянной силовой торсионной характеристикой:
а – колесная пара (США) [25],
б – колесная пара дифференциального исполнения (Чупраков Е.В.)

Предложенная колесная пара состоит из оси дифференциального исполнения на подступичных шейках, которой напрессованы колеса 9. Ось дифференциального исполнения состоит из двух вложенных друг в друга полуосей с полостью 8 и сплошного сечения 7. Полуоси имеют возможность проворачиваться относительно друг друга по осевой линии за счет подшипников 2, 5, 13. Полуось 7 выполняют цельной вместе с упорным буртом 10, выступами 4 и двумя шейками для посадки радиального 2 и упорного 5 подшипников скольжения, которые закрываются стаканом 1. Соединение полуосей осуществляется крышкой 14 при помощи болтов 12. Осевая целостность колесной пары обеспечивается упорным буртом 10, выступом на крышке 14 и подшипником скольжения 13, способным воспринимать осевые нагрузки.

При движении рельсового экипажа с колесными парами подобной конструкции на прямых участках пути в точках контакта колес с рельсами возникают относительно небольшие проскальзывания и соответствующие им силы трения, которые не равны друг другу и обычно направлены в противоположные стороны. Крутящий момент от этих сил также оказывается относительно небольшим и не превышает предельного момента, который способна передавать торсионная силовая связь. В этой ситуации колесная пара работает как торсионно-упругая. В кривых участках пути возникающие в точках контакта колес с рельсами продольные проскальзывания и соответствующие им силы крипа силы становятся значительно больше и, следовательно, увеличивается момент, передаваемый торсионной силовой связью. Когда величина этого момента превысит значение максимального крутящего момента, который может передать торсионная силовая связь, становится возможным независимый поворот колес в колесной паре друг относительно друга. Снижение кинематического сопротивления движению в случае применения в ходовой части колесных пар группы 4 может достичь 30% [2].

Одним из наиболее теоретически и экспериментально исследованных образцов колесных пар с управляемой силовой торсионной характеристикой является «колесная пара с регулируемым скольжением, разработанная специалистами немецкой фирмы MBB [28]. Конструктивная схема этой колесной пары показана на рис.8.

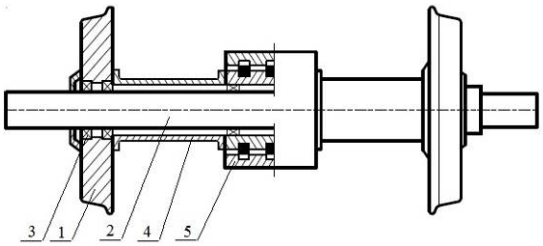


Рис. 8. Колесная пара с регулируемым скольжением

Колеса 1 установлены на невращающейся оси 2 при помощи подшипников 3. Торсионная силовая связь между колесами осуществляется при помощи полых валов 4 через регулируемую магнитно-порошковую муфту 5. Такая конструкция может работать как при постоянно заданном предельном моменте торсионной силовой связи, так и при регулируемом моменте с управлением, например, по уровню относительного проскальзывания колес.

В целом, несмотря на заметные преимущества с позиций снижения сопротивления движению, существенным недостатком технических решений колесных пар группы 4 является значительное усложнение конструкции. Этот фактор при современном уровне культуры технического обслуживания пока не позволяет широко применять подобные конструкции в практике эксплуатации рельсовых экипажей.

Выводы. Проведенный обзор и анализ конструктивных особенностей технических решений устройств силовой торсионной связи и колес в ко-

лесных парах рельсовых экипажей позволил осуществить их классификацию с точки зрения возможностей снижения кинематического сопротивления движению. Наиболее перспективными в этом плане являются конструкции 3 и 4 групп, к которым отнесены колесные пары, конструктивные схемы которых допускают независимое вращение колес друг относительно друга. Анализ достоинств и недостатков технических решений этих групп по сравнению с базовыми (1 группа) показывает возможности снижения кинематического сопротивления движению, особенно в кривых участках пути, до 50%.

Литература

1. Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей.- Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996.- 200 с.
2. Чупраков Е.В. Снижение износа колес и рельсов за счёт дифференциального вращения колесных пар нетягового подвижного состава при движении в кривых участках пути - Дисс. канд. техн. наук.- Иркутск, 2016. - 225 с.
3. Винник Л.В. Проблемы механики рельсового транспорта с новыми конструкциями колесных пар [Текст] / Л.В. Винник. – М.: Академкнига, 2005. – 719 с.
4. Анализ устойчивости железнодорожных экипажей с радиально упругими колесными парами// Материалы 17 IAVSD симпозиума, 2001. – С. 299-232.
5. Claus H., Schiehlen W. Stability analysis of railways with radialelastic wheelsets Proceedings of 17,h IAVSD Symposium. – 2001. - S. 299-232.
6. Цыганков П.Ю. Совершенствование конструкции тележек скоростных локомотивов с целью улучшения их динамики: Дис. канд. тех. наук.- М., 2002.-197 с.
7. Бржезовский А.М. Динамика и воздействие на путь пассажирских вагонов компании Patentes Talgo S.A. с пассивным наклоном кузова в кривых [Текст] / А.М. Бржезовский, А.Г. Парчевский, М.С. Тихов // Вестник ВНИИЖТ. – 2007. – № 2. – С. 10–18.
8. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом.— Луганск: ВУГУ, 1999.- 476 с.
9. Горбунов М.І. Прогнозування тягових і динамічних якостей локомотивів методом імітаційного моделювання/ М.І. Горбунов, О.Л. Голубенко, О.І. Костюкевич, О.Л. Кашура О.Л.// Монографія. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2002. - 104 с.
10. Мельниченко О. В. Разработка колесной пары вагона с дифференциальным вписыванием в кривую [Текст] / О. В. Мельниченко, Ю. В. Газизов, Е. В. Чупраков, В. В. Трофимович // Вестник Института тяги и подвижного состава «Подвижной состав XXI века» : материалы междунар. науч.-практ. конф. ученых транспортных вузов, инженерных работников и представителей академической науки, 13–14 ноября 2008 г. / Под ред. Ю. А. Давыдова и А. Е. Стецюка. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008. – Вып.5. – 186 С. 30–31.
11. Ткаченко В.П. Тяговые качества локомотива с подрезиненными колесными парами: Дис. канд. техн. наук. – Ворошиловград, 1983. – 216 с.
12. Патент на корисну модель №52664, кл. B60B 37/00 Колісна пара / Міроненко А.І., Козирев С.М.; заявник і власник ДП «Державний інститут по проектуванню підприємств гірничорудної промисловості «Кривбаспроект». – u201000127; заявл. 11.01.2010; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17. – 3 с.
13. Ahmed, A.K.W. Lateral stability and steady-state curving behaviour of railway freight car system with elastodamper coupled wheelset [Text] : dissertation /Ahmed Abul Karam Waizuddin. – USA Canada, 1986. – 358 с.
14. Патент на корисну модель №87384, кл. B61F 7/00, B60B 37/00 Розсувна колісна пара «ДНУЗТ» / Савчук О.М., Пшінько О.М., Мямлін С.В.; заявник і власник ДНУЗТ ім. ак. В.Лазаряна. – u201308302; заявл. 01.07.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3. – 5 с.
15. Патент на корисну модель №39211, кл. B60B 35/10 Колісна пара для безлічі колій різної ширини / Гайдаров Нікола Мартинов; заявник і власник Железнодорожні завод - Софія. – u96041348; заявл. 06.09.1993; опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5. – 4 с.
16. Differential axle for rail road car [Text]: пат. 4575145 США: МПК B 60 B 37/10 / NormanE. Wolfram, FrederickT. Skalski, WilliamE. Heronemus; заявитель и патентообладатель NormanE. Wolfram, FrederickT. Skalski, WilliamE. Heronemus. – № 681285; заявл. 13.12.84; опубл. 11.03.86.
17. Uni-directional lockout for rail road car wheelset differential [Text]: пат. 6623057 США : МПК B 60 B 37/10 / Thomas W. Blasingame, Robert E. Hord; заявитель и патентообладатель Thomas W. Blasingame, Robert E. Hord. – № 09/582897; заявл. 09.02.99; опубл. 23.09.03.
18. Беляев, А.И. Как устранить преждевременный износ бандажей подвижного состава [Текст] / А.И. Беляев, Ю.В. Емельянов, В.Л. Шишакин // Железнодорожный транспорт. – 1997. – № 7. – С. 38–41.
19. Панагин, Р. Тележка для пассажирских вагонов фирмы Fiat [Текст] / Р. Панагин // Железные дороги мира. – 1990. – № 7. – С. 10–11.
20. Четырехбуксовая колесная пара с осевой стабилизацией для железнодорожного подвижного состава [Текст]: пат. 2379189 РФ: МПК B 41 F 19/02 / Пашков Н.Н., Тюньков В.В., Швыдкий В.В.; заявитель и патентообладатель Иркутский гос. ун-т путей сообщения. – № 2008103609/11; заявл. 29.01.08 ; опубл. 10.08.09.
21. Radsatz fur Schienenfahrzeuge [Text]: пат. 3039370 Германия: МПК B6037/00 / Frederich Fritz ; заявитель и патентообладатель Frederich Fritz.; заявл. 18.10.80, опубл. 19.05.82.
22. Stub axle truck [Text] : пат. 4883000 США : МПК B61F3/16 / Thomas H. Engle; заявитель и патентообладатель Thomas H. Engle. – № 116775; заявл. 05.11.87; опубл. 28.11.89.
23. Международные тенденции в вагоностроении [Текст] // Железные дороги мира. – 1996. – № 5. – С. 23–26.
24. Колесная пара тележки железнодорожного вагона [Текст] : пат. 66279 Рос. Федерация: МПК B 60 B 37/00 / Панов А.Ю., Панов Р.А.; заявитель и патентообладатель Нижегородский гос. техн. ун-т. – № 2007106553/22; заявл. 20.02.07; опубл. 10.09.07.
25. Railway axle assembly [Text]: пат. 4529241 США: МПК B60B 35/14; B60B 37/02; B60B 37/04 / Edward Junbert. – № 505285; заявл. 17.06.83 ; опубл. 16.07.85.
26. Колесная пара вагона с независимым вращением колес [Текст]: пат. 95598 Рос. Федерация: МПК B60B37/00 / Мельниченко О.В., Чупраков Е.В., Газизов Ю.В., Горбаток С.А., Ерофеев В.А. ; заявитель и

патентообладатель ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ИрГУПС). – № 2009130190/22; заявл. 05.08.09 ; опубл. 10.07.10.
27. Колесная пара вагона с фрикционно-упругой связью между колесами [Текст]: Пат. 2 512 829 на изобретение Российская Федерация МПК B60B 37/00. / Е. В. Чупраков, О. В. Мельниченко (РФ). – № 2012114980/11; Заявлено 16.04.2012; Опубл. 10.04.2014; Бюл. № 10.
28. Wheel set for rail vehicles [Text] : пат. 4637646 США : МПК B60B 37/00 /Hermann Ortwein, Ottmar Krettek, Johannes Nicolin ; заявитель и патентообладатель Hermann Ortwein, Ottmar Krettek, Johannes Nicolin. – № 4637646 ; заявл. 16.11.84 ; опубл. 20.01.87.

References

1. Tkachenko V.P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh jekipazhej.- Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996.- 200 s.
2. Chuprakov E.V. Snizhenie iznosa koles i rel'sov za schjot differencial'nogo vrashhenija kolesnyh par netjagovogo podvizhnogo sostava pri dvizhenii v krivyh uchastkah puti - Diss. kand. tehn. nauk.- Irkutsk, 2016. - 225 s.
3. Vinnik L.V. Problemy mehaniki rel'sovogo transporta s novymi konstrukcijami kolesnyh par [Tekst] / L.V. Vinnik. – M.: Akademkniga, 2005. – 719 s..
4. Analiz ustojchivosti zheleznodorozhnyh jekipazhej s radial'no uprugimi kolesnymi parami// Materialy 17 IAVSD simpoziuma, 2001. – S. 299-232.
5. Claus H., Schiehlen W. Stability analysis of railways with radialelastic wheelsets Proceedings of 17,h IAVSD Symposium. – 2001. - S. 299-232.
6. Cygankov, P.Ju. Sovershenstvovanie konstrukcii telezhek skorostnyh lokomotivov s cel'ju uluchshenija ih dinamiki: Dis. kand. teh. nauk.- M., 2002.-197 s.
7. Brzhezovskij A.M. Dinamika i vozdejstvie na put' passazhirskih vagonov kompanii Patentes Talgo S.A. s passivnym naklonom kuzova v krivyh [Tekst] / A.M. Brzhezovskij, A.G. Parchevskij, M.S. Tihov // Vestnik VNIIZhT. – 2007. – № 2. – S. 10–18.
8. Golubenko A.L. Sceplenie kolesa s rel'som.—Lugansk: VUGU, 1999.- 476 s.
9. Gorbunov M.I. Prognozuvannja tjagovih i dinamichnih jakostej lokomotiviv metodom imitacijnogo modeljuvannja/ M.I. Gorbunov, O.L. Golubenko, O.I. Kostjukevich, O.L. Kashura O.L.// Monografija. - Lugans'k: vid-vo SNU im. V.Dalja, 2002. - 104 s.
10. Mel'nichenko, O.V. Razrabotka kolesnoj pary vagona s differencial'nym vpisyvaniem v krivuju [Tekst] / O. V. Mel'nichenko, Ju. V. Gazizov, E. V. Chuprakov, V. V. Trofimovich // Vestnik Instituta tjagi i podvizhnogo sostava «Podvizhnoj sostav XXI veka» : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. uchenyh transportnyh vuzov, inzhenernyh rabotnikov i predstavitelej akademicheskoj nauki, 13–14 nojabrja 2008 g. / Pod red. Ju. A. Davydova i A. E. Stecjuka. – Habarovsk : Izd-vo DVGUPS, 2008. – Vyp.5. – 186 S. 30–31.
11. Tkachenko V.P. Tjagovye kachestva lokomotiva s podrezinennymi kolesnymi parami: Dis. kand. tehn. na-uk. – Voroshilovgrad, 1983. – 216 s.
12. Patent na korisnu model' №52664, kl. B60V 37/00 Kolisna para / Mironenko A.I., Kozirev S.M.; zajav-nik i vlasnik DP «Derzhavnij institut po proektuvannju pidpriємstv girnichorudnoї promislovosti «Krivbasproekt». – u201000127; zajavl. 11.01.2010; opubl. 10.09.2010, Bjul. № 17. – 3 s.
13. Ahmed A.K.W. Lateral stability and steady-state curving behaviour of railway freight car system with elastodamper coupled wheelset [Text] : dissertation /Ahmed Abul Karam Waizuddin. – USA Canada, 1986. – 358 c.
14. Patent na korisnu model' №87384, kl. B61F 7/00, B60V 37/00 Rozsuvna kolisna para «DNUZT» / Savchuk O.M., Pshin'ko O.M., Mjamlin S.V.; zajavnik i vlasnik DNUZT im. ak. V.Lazarjana. – u201308302; zajavl. 01.07.2013; publ. 10.02.2014, Bjul. № 3. – 5 s.
15. Patent na korisnu model' №39211, kl. B60V 35/10 Kolisna para dlja bezlichi kolij riznoї shirini / Gajdarov Nikola Martinov; zajavnik i vlasnik Zheleznodorozhni zavod - Sofija. – u96041348; zajavl. 06.09.1993; publ. 15.06.2001, Bjul. № 5. – 4 s..
16. Differential axle for rail road car [Text]: pat. 4575145 USA: MPK B 60 B 37/10 / Norman E. Wolfram, FrederickT. Skalski, WilliamE. Heronemus; zajavitel' i patentoobladatel' NormanE. Wolfram, FrederickT. Skalski, William E. Heronemus. – № 681285; zajavl. 13.12.84; publ. 11.03.86.
17. Uni-directional lockout for rail road car wheelset differential [Text]: pat. 6623057 SShA : MPK B 60 B 37/10 / Thomas W. Blasingame, Robert E. Hord; zajavitel' i patentoobladatel' Thomas W. Blasingame, Robert E. Hord. – № 09/582897; zajavl. 09.02.99; opubl. 23.09.03.
18. Beljaev, A.I. Kak ustranit' prezhdevremennyj iznos bandazhej podvizhnogo sostava [Tekst] / A.I. Beljaev, Ju.V. Emel'janov, V.L. Shishakin // Zheleznodorozhnyj transport. – 1997. – № 7. – S. 38–41.
19. Panagin, R. Telezhka dlja passazhirskih vagonov firmy Fiat [Tekst] / R. Panagin // Zheleznye dorogi mira. – 1990. – № 7. – S. 10–11.
20. Chetyrehbuksovaja kolesnaja para s osevoj stabilizaciej dlja zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava [Tekst]: pat. 2379189 RF: MPK V 41 F 19/02 / Pashkov N.N., Tjun'kov V.V., Shvydkij V.V.; zajavitel' i patentoobladatel' Irkutskij gos. un-t putej soobshhenija. – № 2008103609/11; zajavl. 29.01.08 ; opubl. 10.08.09.
21. Radsatz fur Schienenfahrzeuge [Teht]: pat. 3039370 Germanija: MPK B6037/00 / Frederich Fritz ; zajavitel' i patentoobladatel' Frederich Fritz.; zajavl. 18.10.80, publ. 19.05.82.
22. Stub axle truck [Teht] : pat. 4883000 USA : MPK B61F3/16 / Thomas H. Engle; zajavitel' i patentoobladatel' Thomas H. Engle. – № 116775; zajavl. 05.11.87; publ. 28.11.89
23. Mezhdunarodnye tendencii v vagonostroenii [Tekst] // Zheleznye dorogi mira. – 1996. – № 5. – S. 23–26.
24. Kolesnaja para telezhki zheleznodorozhnogo vagona [Tekst] : pat. 66279 Ros. Federacija: MPK V 60 V 37/00 / Panov A.Ju., Panov R.A.; zajavitel' i patentoobladatel' Nizhegorodskij gos. tehn. un-t. – № 2007106553/22; zajavl. 20.02.07; opubl. 10.09.07.
25. Railway axle assembly [Teht]: pat. 4529241 USA: MPK B60B 35/14; B60B 37/02; B60B 37/04 / Edward Junbert. – № 505285; zajavl. 17.06.83 ; publ. 16.07.85.
26. Kolesnaja para vagona s nezavisimym vrashheniem koles [Tekst]: pat. 95598 Ros. Federacija: MPK B60B37/00 / Mel'nichenko O.V., Chuprakov E.V., Gazizov Ju.V., Gorbatok S.A., Erofeev V.A. ; zajavitel' i patentoobladatel' GOU VPO «Irkutskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija» (IrGUPS). – № 2009130190/22; zajavl. 05.08.09 ; opubl. 10.07.10.

27. Kolesnaja para vagona s frikcionno-uprugoj svja-z'ju mezhdu kolesami [Tekst]: Pat. 2 512 829 na izobrete-nie Rossijskaja Federacija MPK V60V 37/00. / E. V. Chuprakov, O. V. Mel'nichenko (RF). – № 2012114980/11; Zajav-leno 16.04.2012; Opubl. 10.04.2014; Bjul. № 10.
28. Wheel set for rail vehicles [Text] : pat. 4637646 SshA MPK B60B 37/00 /Hermann Ortwein, Ottmar Krettek, Johannes Nicolin ; zajavitel' i patentoobladatel' Hermann Ortwein, Ottmar Krettek, Johannes Nicolin. –№ 4637646 ; zajavl. 16.11.84 ; opubl. 20.01.87.

Михайлов Є.В., Семенов С.О. Аналіз технічних рішень колісних пар, що спрямовані на зниження опору руху рейкового екіпажу.

У статті здійснено теоретичний огляд технічних рішень колісних пар, що дозволяють зменшити опір руху рейкового екіпажа. Відзначено, що існуюча традиційна конструкція колісної пари, незважаючи на експлуатацію, має ряд недоліків. Невідповідність кінематичних і геометричних параметрів поверхонь катання коліс колісної пари і кінематичних параметрів її руху викликає кінематичний опір руху. Радикальним способом зниження кінематичного опору руху рейкових екіпажів є зменшення рівня циркуляції паразитної потужності за рахунок введення в кінематичні ланцюги розв`язуючих точок, чого можна досягти завдяки застосуванню нових технічних рішень колісних пар і окремих коліс. Проведений огляд і аналіз конструктивних особливостей технічних рішень пристроїв силового торсіонного зв'язку і коліс в колісних парах рейкових екіпажів дозволив виконати їх умовну класифікацію з точки зору можливостей зниження кінематичного опору руху.

Ключові слова: *аналіз, колісна пара, опір руху, рейковий екіпаж, технічне рішення.*

Mikhaylov E., Semenov S. Analysis of technical solutions the wheel pairs directed decrease in resistance to movement of rail vehicle.

This article contain a theoretical overview of the technical solutions of wheel pairs, reducing the resistance to movement of rail vehicles. Noted that the existing traditional scheme wheel pair, despite the operation has a number of weaknesses. The discrepancy between the kinematical and geometric parameters of the surfaces of wheels by wheel pair and kinematical parameters of its motion causes the kinematical resistance to movement. Radical method of reducing the kinematical resistance to movement of rail vehicle is to reduce the circulating levels of parasitic capacity due to the introduction in the kinematical chain decoupling points. Conducted review and analysis of schemes features of the technical solutions devices power and when torsion of the wheels in the wheel pairs railway vehicle allowed to carry out their conditional classification from the point of view the possibilities reducing the kinematic resistance to movement.

Keywords: *analysis, wheel pairs, the resistance to movement, railway vehicle, technical solution.*

Михайлов Е.В. – к.т.н., доцент кафедры «Логистическое управление и безопасность движения на транспорте» ВНУ им. В. Даля, e-mail: evgmi@yandex.ua.
Семенов С.А. – ст. преподаватель кафедры «Логистическое управление и безопасность движения на транспорте» ВНУ им. В. Даля, e-mail: semen_opugt@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. ***Горбунов М.І.***

Статья подана 15.03.2017