

*О. Л. Игнатьев, Я. К. Склифус, В. В. Ширококов, С. Шевченко*

## **РАЗДВИЖНАЯ КОЛЕСНАЯ ПАРА ДЛЯ ВАГОНОВ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СООБЩЕНИИ**

**Аннотация.** Представлена конструкция раздвижной колесной пары для вагонов, обращающихся в межгосударственном сообщении с разной шириной колеи. Представлены основные элементы разработанной раздвижной колесной пары, рассмотрено их взаимодействие при смене ширины колеи. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является использование в качестве фиксаторов стопорных пластин, которые работают исключительно на срез без сдвигающих усилий и дополнительно прижимаются к пазам за счет центробежной силы инерции при вращении колеса, что обеспечивает фиксацию колес при движении в случае поломки механизма. Данная конструкция характеризуется компактностью конструкции, повышенной надежностью и долговечностью. Также предложена инфраструктура железнодорожной станции для обеспечения смены колеи.

**Ключевые слова:** колесная пара, ступица, обод, фиксатор, привод фиксаторов, напольное оборудование.

**Для цитирования:** Раздвижная колесная пара для вагонов, обращающихся в межгосударственном сообщении / О. Л. Игнатьев, Я. К. Склифус, В. В. Ширококов, С. Шевченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 152–158. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_3\_152.

### ***Введение***

Для увеличения пассажиропотока и развития грузоперевозок между государствами, имеющими железнодорожный путь с различной шириной рельсовой колеи, в работе [1] была показана целесообразность разработки раздвижных колесных пар (РКП) для нетягового подвижного состава.

На основе имеющихся данных о недостатках конструкции существующих РКП [2–5] была разработана новая конструкция РКП. Важным фактором при разработке является новизна и практичность конструкции при изготовлении и эксплуатации.

Основная цель и главная концептуальная идея – сохранение геометрических размеров оси, профиля дорожки качения и ступицы колеса. Это позволит ввести РКП в эксплуатацию без модернизации тележек и прочего оборудования вагонов, находящихся в эксплуатации в настоящее время. Также большое значение в разработке любых деталей и узлов, связанных с безопасностью движения подвижного состава, имеет надежность.

### ***Основная часть***

Для выполнения заданных критериев было предложено использовать схему подвижной части обода колеса при неподвижной ступице. Соединение между ободом и ступицей колеса обеспечивается шлицевым соединением. Это позволяет сохранить ограничение степени свободы в радиальном направлении, при этом обеспечив осевое смещение. Для фиксации подвижного обода относительно ступицы колеса предложено использовать подвижные фиксаторы.

На основе предварительной оценки местом размещения фиксирующего устройства было выбрано пространство между ступицей колеса и лабиринтным кольцом буксового узла на предподступичной части оси. На этапе первичного проектирования размерных цепей было выявлено несоответствие имеющихся размеров требуемым размерам проектируемого объекта.

В связи с этим было принято решение разместить узел фиксации на подступичной части оси, с внутренней стороны обода колеса. Такое расположение обеспечивает свободное пространство для перемещения деталей в осевом направлении, устраняет возможность разблокировки фиксирующего узла при воздействии посторонних предметов, находящихся на рельсовых путях, позволяет использовать место для установки переводного напольного оборудования между рельсами.

### ***Основные части и элементы РКП***

Спроектированная раздвижная колесная пара (рис. 1) включает в себя следующие основные узлы:

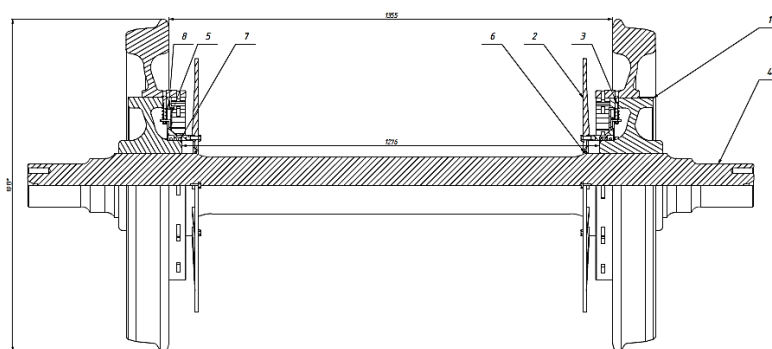
– ось РУ1Ш-957Г;

– два колеса (каждое колесо состоит из обода и ступицы);

- два комплекта фиксаторов (комплект включает в себя 12 фиксаторов);
- два привода фиксаторов;
- два ограничителя привода фиксаторов;
- два ограничителя фиксаторов;
- две пружины привода.

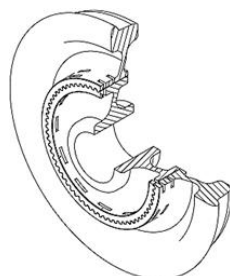
Колесо РКП (рис. 2) состоит из ступицы с плоскоконическим диском и обода. Форма профилей ступицы колеса, диска и обода соответствует ГОСТ 10791–2011 [6]. Материал ступицы и обода колеса – сталь колесная марки 1 по ГОСТ 10791–2011. Связь между ступицей и ободом обеспечена шлицевым соединением  $66z \times 8,0m \times 30,0P \times 5H/5h$ , рассчитанным согласно ISO 4156-2:2005 [7] в программе проектирования шлицевых соединений, встроенной в среду разработки Autodesk Inventor. Шлицевое соединение обеспечивает нормальный режим работы при нагрузке в радиальном направлении.

Ступица колеса (рис. 3) с внутренней стороны имеет 12 отверстий, предназначенных для размещения стопорных пластин фиксаторов. Обод колеса (см. рис. 3) с внутренней стороны имеет 24 отверстия, которые предназначены для фиксации и геометрического совмещения относительно ступицы колеса. Отверстия расположены друг от друга на расстоянии, равном половине разницы ширины колеи, т.е.  $(1520 - 1435)/2 = 42,5$  мм.

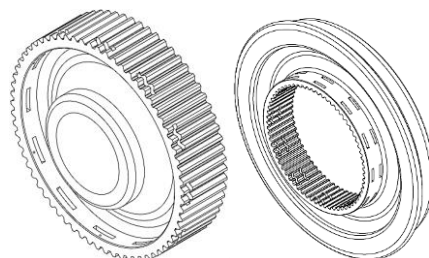


**Рис. 1. Раздвижная колесная пара:**

1 – колесо; 2 – привод фиксаторов; 3 – фиксатор; 4 – ось РУШ; 5 – упор фиксаторов; 6 – упор привода фиксаторов; 7 – пружина фиксаторов; 8 – винт



**Рис. 2. Колесо**



**Рис. 3. Ступица и обод колеса**

Комплект фиксирующих элементов состоит из 12 фиксаторов, расположенных друг относительно друга в одной плоскости. Фиксатор (рис. 4) состоит из стопорной пластины, двух шпилек, двух пружин и направляющего толкателя. Шпилька имеет резьбу  $M8 \times 1,25-6g$  для соединения со стопорной пластиной и резьбу  $M5 \times 0,8-6g$  для соединения с направляющим толкателем корончатой гайкой  $M5-6H$  ГОСТ 5932-73 [8].

Стопорная пластина выполнена с закругленной частью радиусом R 316 для равномерной фиксации или расфиксации. По бокам выполнены фаски с размером 3 мм под углом 60° для мгновенного перемещения в положение фиксации при смене положения обода относительно ступицы во время смены колеи. Увеличен запас прочности стопорной пластины при действии нагрузки на срез за счет использования стали 27ХГР ГОСТ 4543–71 [9] с высоким пределом текучести 1175 МПа, пределом прочности при растяжении 1370 МПа.

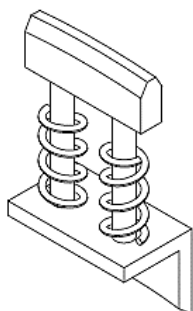


Рис. 4. Фиксатор

Привод фиксаторов (рис. 5) состоит из отжимной втулки и нажимного кольца, соединенных между собой четырьмя болтами с углублением под шестигранный ключ M10×25(3) ISO 4017 [10].

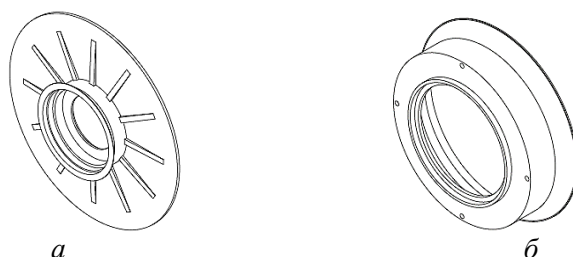


Рис. 5. Привод фиксаторов:

*a* – кольцо нажимное; *б* – втулка отжимная

### Принцип работы РКП

Чтобы работа РКП была полноценной, требуется наличие напольного оборудования для смены ширины колеи (рис. 6).

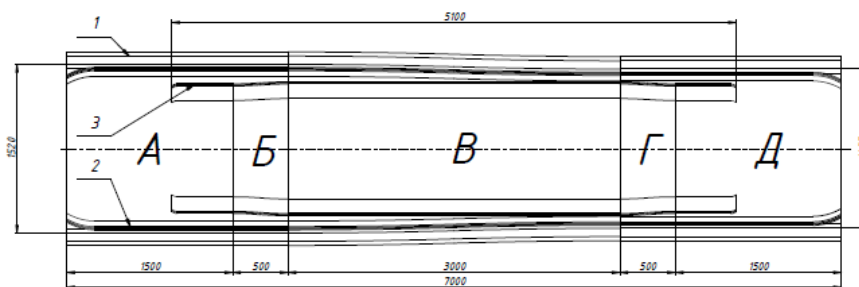


Рис. 6. Напольное оборудование для смены колеи 1520/1435 мм:

1 – рельс Р65; 2 – рельс направляющий; 3 – рельс разблокирующий

Во время движения подвижного состава с любой стороны – 1520 мм или 1435 мм напольное оборудование обеспечивает смену колеи РКП. Общая длина участка составляет 7 м, что существенно меньше существующих систем напольного оборудования.

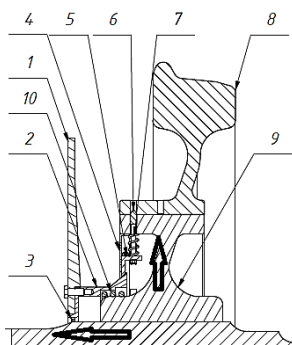
При заходе первой РКП на участок смены колеи она попадает в зону А или Д (А со стороны 1520 мм). Зона А или Д подготовительная длиной 1,5 м, гребень колеса «встречает» отогнутый радиусом R500 направляющий рельс 2, который ограничивает перемещение обода колеса до окончания процесса смены колеи. Через 1 м в контакт с нажимными кольцами приводов фиксаторов вступает разблокирующий рельс 3.

В зоне Б разблокирующий рельс 3 переводит механизм фиксатора в крайнее положение, при этом фиксаторы занимают нижнее положение, происходит освобождение обода в осевом направлении.

В зоне В происходит ответственный момент – смена положения обода относительно ступицы колеса. За 3 м обод на каждом колесе перемещается на 42,5 мм. Разблокирующий рельс продолжает удерживать нажимное кольцо в разблокированном состоянии.

Зона Г идентична зоне Б, процесс протекает в обратном направлении. Разблокирующий рельс 3 переводит механизм фиксатора в нормальное положение, при этом фиксаторы занимают верхнее положение, происходит блокировка обода относительно ступицы. Длина зоны Г и Б составляет 0,5 м.

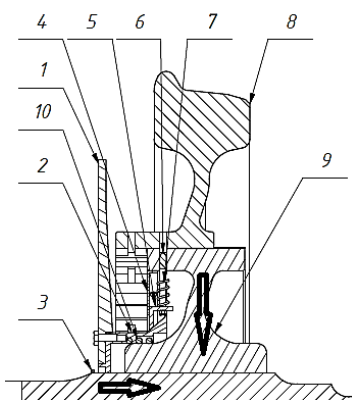
В нормальном (заблокированном) состоянии РКП (рис. 7), приводы фиксаторов прижаты к стопору привода 3 под действием пружины 10. Нажимная втулка 2 конусной частью воздействует на направляющий толкатель 5 фиксатора, преодолевая силу нажатия пружины фиксатора 7, заставляя его переместиться в крайнее верхнее положение. Ребро на конце конусной части нажимной втулки ограничивает дальнейшее перемещение толкателя. Стопор, упираясь в боковую плоскость толкателя фиксаторов, предотвращает выпадение или излом фиксаторов. Стопорные пластины 6 фиксатора пересекают контур шлицов ступицы 9 и обода колеса 8.



**Рис. 7. РКП в нормальном состоянии:**

1 – нажимное кольцо; 2 – нажимная втулка; 3 – упор привода фиксаторов; 4 – упор фиксаторов;  
5 – толкатель направляющий; 6 – стопорная пластина; 7 – пружина фиксаторов; 8 – обод; 9 – ступица;  
10 – пружина привода

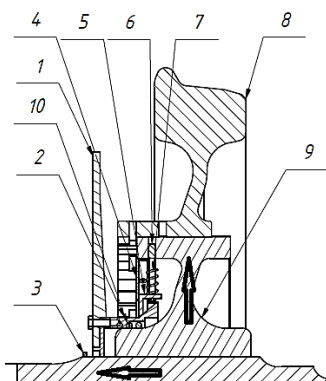
Процесс разблокировки начинается с перемещения приводов фиксаторов (рис. 8). Преодолевая нажатие пружины 10, приводы перемещаются в положение «разблокировано». Нажимная втулка 2 прижимается к ступице колеса 9, конусная часть сокращает диаметр сопряжения с толкателем фиксатора 5, тем самым освобождая место. Фиксаторы под действием пружины 7, которая упирается в ступицу и толкатель, начинают перемещаться вниз. Стопорные пластины 6 выходят из зацепления контура шлицов, освобождая осевое перемещение обода 8 относительно ступицы 9 колеса.



**Рис. 8. РКП в процессе разблокировки:**

1 – нажимное кольцо; 2 – нажимная втулка; 3 – упор привода фиксаторов; 4 – упор фиксаторов;  
5 – толкатель направляющий; 6 – стопорная пластина; 7 – пружина фиксаторов; 8 – обод; 9 – ступица;  
10 – пружина привода

В переходном процессе смены положения обода 8 (рис. 9) привод фиксаторов находится в разблокированном положении. Процесс блокировки протекает в обратном порядке. Когда разблокирующий рельс «освобождает» привод, он под действием пружины привода 10 начинает перемещаться в сторону стопора 3. Нажимная втулка 2 прижимается к толкателю фиксатора 5, конусная часть увеличивает диаметр сопряжения с толкателем фиксатора, тем самым занимая место под ним. Фиксаторы под действием нажимной втулки, которая упирается в толкатель, начинают перемещаться вверх. Стопорные пластины 6 входят в зацепление контура шлицов, блокируя осевое перемещение обода 8 относительно ступицы 9 колеса.



**Рис. 9. РКП в процессе разблокировки:**

1 – нажимное кольцо; 2 – нажимная втулка; 3 – упор привода фиксаторов; 4 – упор фиксаторов; 5 – толкатель направляющий; 6 – стопорная пластина; 7 – пружина фиксаторов; 8 – обод; 9 – ступица; 10 – пружина привода

### **Выводы**

Предложена новая компактная конструкция РКП. Прочность и работоспособность такого технического решения подтверждена расчетами в соответствии с общепринятыми методиками и компьютерной симуляцией рабочих процессов. Преимущество данной конструкции перед другими известными РКП состоит не только в компактности: пружины в механизме не несут значительных нагрузок, что повышает их надежность и долговечность; также все усилия по фиксации колес в выбранном положении воспринимают стальные фиксаторы (стопорные пластины), которые работают исключительно на срез без сдвигающих усилий и дополнительно прижимаются к пазам за счет центробежной силы инерции при вращении колеса, что обеспечит фиксацию колес при движении в случае поломки механизма.

### **Список литературы**

- 1 Актуальность реализации сквозной технологии доставки крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров в международных перевозках / О. Л. Игнатъев, О. А. Ворон, Я. К. Склифус, В. В. Ширококов // Материалы первой Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы» (Ташкент, 20–23 апреля 2022 г.). – Ташкент: ТГТУ, 2022. – С. 53–59.
- 2 Graff, M. System SUW2000 w komunikacji przestawczej 1435/1520 mm / M. Graff // TTS Szynowego. – 2016. – Z. 1–2. – P. 34–53.
- 3 Takao, K. Development of the gauge change EMU train system in Japan / K. Takao, K. Uruga // Urban Transport X. – 2004. – P. 521–530.
- 4 Садчиков, П. И. Технология перехода железнодорожного подвижного состава с одной колеи на другую (международный опыт) / П. И. Садчиков, О. Л. Целищева // Техника железных дорог. – 2014. – № 12. – С. 27–28. – ISSN 1998-9318.

### **References**

- 1 Relevance of the implementation of end-to-end delivery technology of large-tonnage refrigerated containers in international transportation / O. L. Ignatiev, O. A. Voron, J. K. Sklifus, V. V. Shirobokov // Proceedings of the First International Scientific and Technical Conference «Railway rolling stock: problems, solutions, prospects» (Tashkent, April 20–23, 2022). – Tashkent: TSTrU, 2022. – P. 53–59.
- 2 Graff, M. System SUW2000 w komunikacji przestawczej 1435/1520 mm / M. Graff // TTS Szynowego. – 2016. – Z. 1–2. – P. 34–53.
- 3 Takao, K. Development of the gauge change EMU train system in Japan / K. Takao, K. Uruga // Urban Transport X. – 2004. – P. 521–530.
- 4 Sadchikov, P. I. Technology of transition of the railway rolling stock from one gauge to another (international experience) / P. I. Sadchikov, O. L. Tselischeva // Railroad Engineering. – 2014. – No. 12. – P. 27–28. – ISSN 1998-9318.

5 Глазунов, Д. В. Способы снижения износа колесных пар подвижного состава / Д. В. Глазунов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2019. – № 2(54). – С. 107–114. – ISSN 2307-2091.

6 ГОСТ 10791-2011. Колёса цельнокатаные. Технические условия : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 23 июня 2011 г. № 142 : дата введения 2011–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 27 с.

7 ISO 4156-2:2005. Шлицы прямые с боковыми эвольвентными поверхностями для цилиндрических валов. Метрический модуль. Посадка по боковой поверхности. Часть 2 : Размеры : дата введения 01.10.2005. – Международная организация по стандартизации, 2005. – 196 с.

8 ГОСТ 5932–73. Гайки шестигранные прорезные и корончатые класса точности А. Конструкция и размеры : межгосударственный стандарт : дата введения 01.01.74. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 6 с.

9 ГОСТ 4543–71. Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат, калиброванная сталь. Часть 1 : межгосударственный стандарт : дата введения 01.01.73. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 63 с.

10 ГОСТ Р ИСО 4017–2013. Винты с шестигранной головкой. Классы точности А и В (с поправками) : национальный стандарт : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 28 августа 2013 г. № 573-ст : дата введения 2014–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 22 с.

5 Glazunov, D. V. Ways to reduce the wear of rolling stock wheelsets / D. V. Glazunov // Izvestia of the Ural State Mining University. – 2019. – No. 2(54). – P. 107–114. – ISSN 2307-2091.

6 GOST 10791–2011. The wheels are solid rolled. Technical conditions: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology on June 23, 2011 No. 142: implementation date 2011–07–01. – Moscow: Standartinform, 2011. – 27 p.

7 ISO 4156-2:2005. Straight splines with involute lateral surfaces for cylindrical shafts. Metric module. Side landing. Part 2 : Dimensions: date of introduction 01.10.2005. – International Organization for Standardization, 2005. – 196 p.

8 GOST 5932–73. Hexagon slotted and castle nuts, accuracy class A. Design and dimensions : interstate standard : date of introduction 01.01.74. – Moscow : Standartinform, 2008. – 6 p.

9 GOST 4543–71. The steel is high quality and high quality. Long and shaped rolled steel, calibrated steel. Part 1 : interstate standard: introduction date 01.01.73. – Moscow : IPK Publishing House of Standards, 2004. – 63 p.

10 GOST R ISO 4017–2013. Hexhead screws. Accuracy classes A and B (as amended) : national standard: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology on August 28, 2013 No. 573-st : implementation date 2014–07–01. – Moscow : Standartinform, 2014. – 22 p.

*O. L. Ignatiev, Y. K. Sklifus, V. V. Shirobokov, S. Shevchenko*

### SLIDING WHEELSET FOR RAILCARS IN INTERSTATE TRAFFIC

**Abstract.** The paper presents the design of sliding wheelset for wagons operating in interstate traffic with different track gauge. It is presented the main elements of the developed sliding wheelset and their interaction for changing the track gauge. A distinctive feature of the proposed design is the use of locking plates as retainers, which work exclusively on shear without shear forces and are additionally pressed to the grooves due to the centrifugal force of inertia during wheel rotation, which provides fixation of wheels during movement even in case of mechanism breakdown This design is characterized by compact design, increased reliability and durability. The infrastructure of the railroad station to provide gauge change is also proposed.

**Keywords:** wheelset, hub, rim, retainer, retainer drive, floor equipment.

**For citation:** Sliding wheel set for railcars in interstate traffic / O. L. Ignatiev, Y. K. Sklifus, V. V. Shirobokov, S. Shevchenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 152–158. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_3\_152.

**Сведения об авторах****Игнатъев Олег Леонидович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: vvh@rgups.ru

**Склифус Ярослав Константинович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Тяговый подвижной состав»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: yaroslav.sklifus@mail.ru

**Широбок Владимир Вячеславович**

эксплуатационное вагонное депо Батайск, пункт  
технического обслуживания вагонов станции  
Батайск (ПТО Север),  
мастер участка производства,  
e-mail: shirobokovrgups@yandex.ru

**Шевченко Сергей**

филиал Самарского государственного  
технического университета в г. Сызрани,  
кафедра «Технология машиностроения»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: sfsamgtu@sfsamgtu.ru

**Information about the authors****Ignatiev Oleg Leonidovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Car and Car Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: ips@rgups.ru

**Sklifus Yaroslav Konstantinovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Traction Rolling Stock»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: yaroslav.sklifus@mail.ru

**Shirobokov Vladimir Vyacheslavovich**

Operational Car Depot Bataysk,  
Maintenance Point for Carriages in Bataysk Station  
(PTO Sever),  
Production Supervisor,  
e-mail: shirobokovrgups@yandex.ru

**Shevchenko Sergey**

Samara State Technical University Branch in Syzran»,  
Chair «Mechanical Engineering Technology»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: sfsamgtu@sfsamgtu.ru