

## Анализ проблемы износа в зоне контакта «пятник – подпятник» грузового подвижного состава и пути ее минимизации

Е.Ю. Дульский, П.Ю. Иванов, А.В. Ромашов, С.В. Трескин✉

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

✉sergei.tresckin@yandex.ru

### Резюме

На сегодняшний день в конструкциях подвижного состава железнодорожного транспорта активно используются узлы трения. Детали, из которых состоят указанные узлы, эксплуатируются в достаточно тяжелых условиях, поэтому существует необходимость изучения процессов, протекающих в них. В исследовании рассмотрены узлы трения на примере взаимного влияния друг на друга элементов грузовой тележки модели 18-100, где одним из главных является узел «пятник – подпятник». Проанализировано взаимодействие пятника и подпятника, вертикальные и горизонтальные усилия, возникающие в результате контакта этих элементов. Изучена конструкция наиболее распространенного пятникового узла. В результате были выявлены наиболее важные достоинства и недостатки используемого пятникового узла и рассмотрены основные дефекты и повреждения пятника и подпятника, проявляющиеся в ходе эксплуатации данного узла. Различные процессы, возникающие при движении подвижного состава, такие как вписывание в кривые участки пути, перевалка кузова вагона, выдавливание смазки из-под пятника, являются наиболее частыми причинами интенсивного износа опорной и упорной поверхностей пятника и подпятника. В итоге был сделан вывод, что одной из основных проблем, обнаруживаемых при эксплуатации стандартного пятникового узла, является износ опорной и упорной поверхностей. Кроме того, в работе изучены пятниковые узлы других конструкций, предложенные способы снижения износа опорной и упорной поверхностей пятника и подпятника. Выявлены плюсы и минусы каждого решения. В качестве результата проведенного исследования выступает оформленная классификация используемых методов снижения износа в пятниковом узле.

### Ключевые слова

узел трения, износ, пятник, подпятник, пятниковый узел, коэффициент трения, износостойкость, антифрикционное покрытие

### Для цитирования

Анализ проблемы износа в зоне контакта «пятник – подпятник» грузового подвижного состава и пути ее минимизации / Е.Ю. Дульский, П.Ю. Иванов, А.В. Ромашов, С.В. Трескин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 1 (77). С. 116–126. DOI 10.26731/1813-9108.2023.1(77).116-126.

### Информация о статье

поступила в редакцию: 13.01.2023 г.; поступила после рецензирования: 18.01.2023 г.; принята к публикации: 19.01.2023 г.

## Analysis of the problem of wear in the contact zone «centre plate – thrust bearing» of freight rolling stock and ways to minimize it

E.Yu. Dul'skii, P.Yu. Ivanov, A.V. Romashov, S.V. Treskin✉

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

✉sergei.tresckin@yandex.ru

### Abstract

To date, friction units are actively used in the structures of railway rolling stock. The parts that make up these nodes are operated in rather severe conditions, so there is a need to study the processes that occur in these nodes. Friction nodes are considered on the example of the interaction of a bogie model 18-100 elements, with one of the main elements being the «center plate-thrust bearing» node. The interaction of a centre pivot and a truck central bearing, vertical and horizontal efforts arising as a result of this interaction are analyzed. The design of the most common centre pivot node has been studied. As a result, the main advantages and disadvantages of the used centre pivot node were identified and the main defects and damages of the center plate and the thrust bearing arising during the operation of the center plate node were considered. Various processes that occur during the movement of rolling stock, such as: fitting into curved sections of the track, transshipment of the wagon body, squeezing grease from under the center plate, are one of the reasons for the intensive wear of the support and thrust surfaces of the center plate and the thrust bearing. It was concluded that one of the main problems encountered during the operation of a standard center plate unit is the wear of the support and thrust surfaces. The center plate nodes of other structures have been studied, as well as the proposed ways to reduce the wear of the support and thrust surfaces of the center plate and thrust bearing. The advantages and disadvantages of each proposed solution are revealed. The result of the study is a formal classification of the methods used to reduce wear in the center plate node.

**Keywords**

friction unit, wear, center plate, thrust bearing, center plate node, coefficient of friction, wear resistance, anti-friction coating

**For citation**

Dul'skii E.Yu., Ivanov P.Yu., Romashov A.V., Treskin S.V. Analiz problemy iznosa v zone kontakta «pyatnik – podpyatnik» gruzovogo podvizhnogo sostava i puti ee minimizatsii [Analysis of the problem of wear in the contact zone «centre pivot – truck central bearing» of freight rolling stock and ways to minimize it]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2023, no. 1 (77). pp. 116–126. DOI: 10.26731/1813-9108.2023.1(77).116-126.

**Article Info**

Received: January 13, 2023; Revised: January 18, 2023; Accepted: January 19, 2023.

**Введение**

В различных отраслях машиностроения на сегодняшний день широко применяются узлы трения. Не является исключением и железнодорожный транспорт, где узлы трения повсеместно распространены. К данным узлам предъявляются значительные требования по надежности и прочности. Для выполнения подобных требований необходимы знания о свойствах используемых материалов, силах, возникающих в данных узлах, и т.д. [1].

Узлы трения в подвижном составе работают в сложных условиях. К этим условиям можно отнести широкий спектр воспринимаемых нагрузок, приводящий к интенсивному износу контактирующих поверхностей, в том числе возможное отсутствие смазки и наличие абразива снижает эффективность работы данных узлов. Поэтому данным узлам и деталям подвижного состава уделяется особое внимание, так как их работа оказывает значительное влияние на обеспечение безопасности пассажиров и сохранность грузов [2].

Рассмотрим узлы трения на примере взаимодействия различных элементов в тележке модели 18-100. Тележка модели 18-100 (ЦНИИ-ХЗ) (в том числе ее различные модификации) является самой распространенной на железных дорогах России и в странах СНГ. В этой тележке гашение колебаний, возникающих при движении вагона, происходит благодаря появлению сил трения в узлах сухого трения. К этим узлам в тележке можно отнести: фрикционные клинья, скользуны, буксовые проемы в боковых рамах, пятниковый узел.

Указанные силы создают моменты сопротивления движению, препятствующие вписыванию тележек в кривые участки пути. Моменты трения зависят от формы пятникового узла, перевалки кузова, положения скользунов, а также от коэффициента трения. На коэффициент трения оказывают влияние трибологиче-

ские параметры материалов, из которых изготовлены взаимодействующие детали. Например, для пары трения «сталь – сталь» и «сталь – чугун» его значение может колебаться от 0,25 до 0,4 [3].

Вписывание тележек в кривые происходит посредством силового взаимодействия боковой поверхности головки рельсов с поверхностью катания колесной пары и гребнями колес подвижного состава. Данное взаимодействие, при отклонении параметров рельсошпальной решетки от допустимых и изменении профиля катания колесной пары (дефекты поверхности катания), приводит к трению поверхности гребня колесной пары о боковую поверхность головки рельса с выделением теплоты и износом контактирующих поверхностей.

Одним из последствий этих процессов является увеличение расхода силы тяги локомотива.

На данный момент времени для минимизации влияния трения разработаны некоторые технические усовершенствования: антифрикционные вкладыши в пятниковых узлах, применение различных смазок в узлах сухого трения, гребне- и рельсосмазыватели и др.

На сегодняшний день требования к подвижному составу сводятся к внедрению высокотехнологичных конструктивных элементов, которые позволят улучшить работу узлов подвижного состава. Нетяговый вид подвижного состава должен удовлетворять многочисленным требованиям и нормам. В большей степени внимание уделяется повышению грузоподъемности и увеличению скорости движения. Для выполнения указанных требований необходимо внедрение новых технических решений, основными из которых можно назвать применение элементов литых деталей.

Улучшение работы узлов трения имеет экономический эффект, так как в условиях рыночной экономики и растущей конкуренции

существенно повышается актуальность снижения стоимости жизненного цикла железнодорожной техники в целом и вагонов в частности. Стоимость жизненного цикла вагона формируется в основном из расходов на содержание в работоспособном состоянии его деталей и узлов. При этом особенно затратными являются ремонт и восстановление элементов литых деталей вагона [4].

Рассмотрим указанную проблему на примере работы пятникового узла. Этот узел – один из самых важных в конструкции вагона, так как он обеспечивает надежность и безопасность движения.

### Конструкция пятникового узла и анализ возникающих сил, появляющихся во время эксплуатации

Основными тележками, которые используются в грузовом подвижном составе железных дорог России, являются тележки следующих моделей: 18-100, 18-100М, 18-194-1, 18-9855, 18-578, 18-9810 (рис. 1).



Рис. 1. Тележка модели 18-100М  
Fig. 1. Bogie model 18-100M

Перечисленные конструкции тележек являются трехкомпонентными, т.е. в основе конструкции три компонента: две колесные пары, две боковые рамы и надрессорный брус. Все указанные тележки в своей конструкции имеют следующие элементы: две колесные пары, четыре буксы, две литые боковые рамы, литой надрессорный брус, два комплекта рессорного подвешивания и тормозная рычажная передача [5].

При применении тележек подобных конструкций нагрузка от кузова грузового вагона передается через пятниковый узел. Схема опирания кузова вагона показана на рис. 2.

Самым ответственным и наиболее нагруженным местом во многих конструкциях вагонов является узел контакта пятника и подпятника. Этот узел обеспечивает связь кузова и тележки, а

также осуществляет передачу усилий между ними. Пятник, подпятник и шкворень – составляющие элементы данного узла [6].

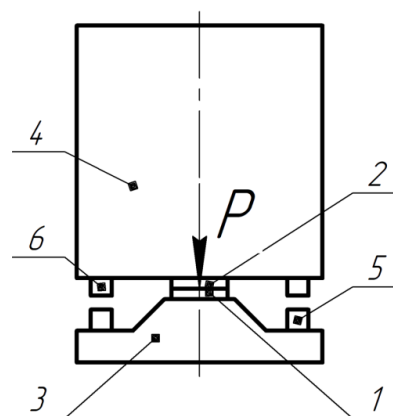


Рис. 2. Опирание кузова грузового вагона через пятник:

1 – подпятник; 2 – пятник; 3 – надрессорный брус; 4 – кузов вагона; 5 – скользян надрессорной балки; 6 – скользян кузова вагона

Fig. 2. Supporting the body of a freight wagon through the center plate:

1 – thrust bearing; 2 – center plate; 3 – bolster; 4 – wagon body; 5 – slider of the bolster; 6 – wagon body side bearing

Опираение кузова тележки происходит через пятник и подпятник, который составляет единое целое с надрессорной балкой. Скользяны дополнительно задействуются при отклонениях кузова. Пятник и подпятник обладают отверстиями, в которые вставляется шкворень. Шкворень грузовой тележки представляет собой литой металлический цилиндр, который выполняет роль оси вращения тележки относительно кузова, а также функцию передачи тяговых и тормозных усилий от тележки к кузову вагона и наоборот.

На рис. 3–5 показаны пятник, подпятник и шкворень литой конструкции, применяемый в тележках грузовых вагонов.

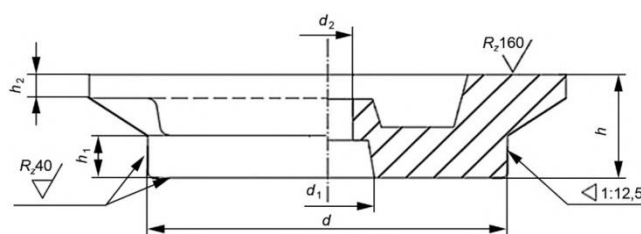
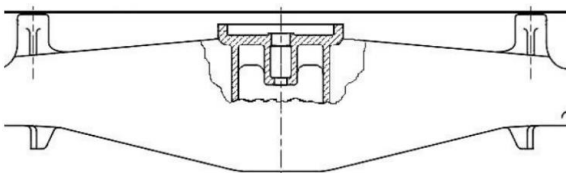


Рис. 3. Конструкция пятника по ГОСТ 34468-2018  
Fig. 3. Center plate design according to state standard 34468-2018



**Рис. 4.** Конструкция подпятника наддресорной балки тележки модели 18-100

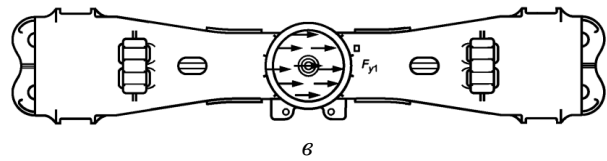
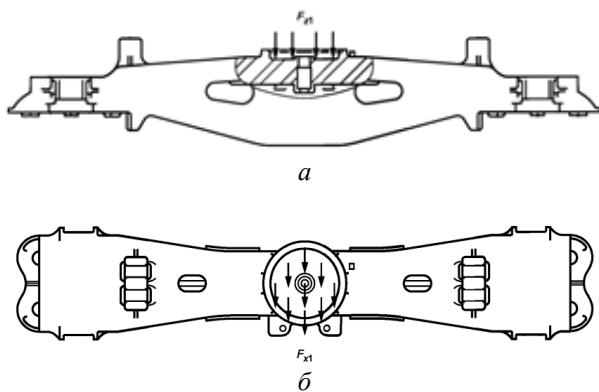
**Fig. 4.** The design of the thrust bearing of the bogie model 18-100



**Рис. 5.** Шкворень литой конструкции  
**Fig. 5.** Cast construction kingpin

Согласно [7], пятники выполняются из сталей таких марок, как 30ХГСА, 38 ХС, 40Х, ст45, 09Г2, 20ФЛ, 20Г1ФЛ и т.д. и изготавливаются методом отливки или штамповки. Данные детали состоят из массивной плиты (фланца) с привалочной поверхностью, которая служит местом крепления пятника к раме вагона или соединительной балке четырехосной грузовой тележки, и цилиндра (яблока), который располагается на плите. На цилиндре находятся опорная и упорная поверхности. Опорная поверхность предназначена для передачи вертикальных усилий на тележку и кузов вагона, упорная поверхность – для передачи горизонтальных усилий. Вертикальные нагрузки передаются в месте непосредственного контакта опорной поверхности пятника и рабочей поверхности подпятника. Горизонтальные нагрузки передаются в месте контакта цилиндрической поверхности яблока пятника с внутренней стороной бурта подпятника.

Схема передачи усилий в подпятнике наддресорной балки показана на рис. 6.



**Рис. 6.** Схема передачи усилий в подпятнике наддресорной балки:

*a* – на опорную поверхность; *б* – на упорную поверхность вдоль вагона; *в* – на упорную поверхность поперек вагона

**Fig. 6.** Scheme of transmission of forces in the thrust bearing bolster:

*a* – on the supporting surface; *b* – on the thrust surface along the wagon; *c* – on the thrust surface across the wagon

В зависимости от типов и моделей вагонов, конструкции пятниковых узлов различаются между собой прежде всего размерами, а также технико-экономическими параметрами. Например, диаметр цилиндра пятника может колебаться от 280 до 450 мм. Так, кузов восьмисосного вагона опирается на подпятник соединительной балки пятником диаметром 400 мм, а соединительная балка, в свою очередь, опирается на двухосные тележки двумя пятниками диаметром 300 мм. Пятник диаметром 300 мм используется в конструкциях четырехосных вагонов.

Поверхности пятника и подпятника, взаимодействующие в ходе эксплуатации имеют форму, приближающуюся к сферической, что обеспечивает оптимальный контакт. Контактные напряжения при сферической площади соприкосновения по сравнению с плоской, снижаются.

В некоторых работах [8] указывается, что выбор формы пятника зависит от того, каким образом воздействуют скручивающие моменты относительно продольной оси кузова вагона, а также от типа конструкции кузова вагона. Так, цилиндрическая форма пятника с плоской опорной поверхностью наиболее оптимальна для кузовов коробчатого типа. Данные кузова получили распространение среди конструкций полувагонов. Этот тип кузовов не подвергается воздействию скручивающих моментов по продольной оси, тем самым в процессе передачи усилий задействуется вся опорная поверхность и в ходе движения вагона минимизируются поперечные колебания его кузова.

### Анализ существующего пятникового узла на предмет надежности и износостойкости

Используемый в настоящий момент пятниковый узел широко используется под многими видами и типами грузового подвижного состава. Он прост в изготовлении, а также в отличие от аналогичных конструкций является ремонтнопригодным и технологичным. Материалом для изготовления пятникового узла выступают низколегированные стали. Они достаточно дешевые и обладают хорошими эксплуатационными и технологическими свойствами. Есть и другие преимущества существующего пятникового узла:

1. Нет необходимости в крепежных деталях для фиксации подпятника с наддресорной балкой. Наддресорный брус и подпятник отличаются как единое целое.

2. Простота обработки рабочих поверхностей пятникового узла.

3. Изношенные поверхности можно восстановить путем наплавки в местах износа.

Однако существуют также определенные недостатки. Так, если осуществлялись повторные восстановительные работы с помощью наплавки и при проведении этих работ были допущены нарушения технологии сварки, то возможно появление многих дефектов, например, трещин, образующихся в результате искусственного старения стали (влияние остаточных напряжений и повышенных температур). Основной причиной таких явлений является нагрев при проведении сварочных работ.

Перевалка кузова на пятнике при небольшом пробеге вагона, а также выдавливание смазки из-под опорной поверхности пятника также приводят к появлению дефектов. При выдавливании смазки взаимодействие контактных поверхностей приобретает характер сухого трения. В пятниковом узле возможен износ абразивного типа, так как данный узел является конструкцией открытого типа [9–11].

Приведенные факторы являются причиной интенсивного неравномерного износа опорных и упорных поверхностей пятника и подпятника. На рис. 7 изображены наиболее часто встречающиеся дефекты подпятника.

Также одной из основных причин отклонений в работе пятникового узла от нормальной эксплуатации являются повышенный износ контактных поверхностей (рис. 8) ослабление и обрыв крепления пятника (рис. 9).

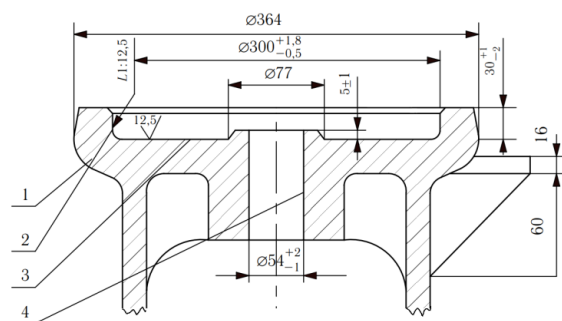


Рис. 7. Основные дефекты подпятника:

- 1 – трещины; 2 – износ упорной поверхности;  
3 – износ опорной поверхности;  
4 – износ отверстия под шкворень

Fig. 7. The main defects of the thrust bearing:  
1 – cracks; 2 – wear of the thrust surface; 3 – wear of the support surface; 4 – wear of the hole under the kingpin



Рис. 8. Пятник с изношенными контактными поверхностями

Fig. 8. Center plate with worn out contacts surfaces



Рис. 9. Обрыв крепежного болта пятника

Fig. 9. Breakage of the center plate fixing bolt

Рабочие поверхности пятниковых узлов во время эксплуатации испытывают значительные статические, динамические нагрузки при силовом взаимодействии поверхности рельса с поверхностью катания колесной пары и гребнями колес подвижного состава, подвергаются

образованию абразива и коррозии на поверхностях контакта. Данные факторы приводят к интенсивному износу поверхностей контакта пятника с подпятником.

### Сравнение пятниковых узлов иных конструкций

На сегодняшний день существуют различные конструкции пятниковых узлов грузовых вагонов, но по тем или иным причинам они не получили широкого распространения.

Изучая различные предложенные конструкции пятников и пятниковых узлов, можно выделить следующие направления решения проблемы минимизации различных дефектов, в том числе и износа:

- применение износостойких накладок, посаженных на пятник;
- применение износостойких вкладышей, выполненных в виде пластины или чаши;
- изменение формы пятникового узла, которое позволит уменьшить износ опорной поверхности пятника и подпятника;
- разработка новых пятниковых узлов;
- разработка и применение новых способов нанесения антифрикционных покрытий на контактные поверхности пятниковых узлов.

Самым распространенным решением проблемы уменьшения износа в пятниковом узле является применение в тележках моделей 18-100М, 18-578, 18-194, 18-9810, 18-9855 и т.д. износостойких металлических чаш или дисков, которые устанавливаются в подпятники. Применение данного конструктивного решения позволяет снизить износ лишь подпятника или опорной поверхности подпятника (в случае применения износостойкого диска). При этом происходит износ опорной поверхности пятника и износостойкого вкладыша. На рис. 10 показан поврежденный в ходе эксплуатации износостойкий диск.



Рис. 10. Изношенный диск  
Fig. 10. Worn out disk

Рассмотрим иные решения указанной проблемы.

Для решения задачи по минимизации износа пятников грузовых вагонов в ООО «Коруд» была разработана конструкция пятника (рис. 11), суть которой заключается в использовании износостойкой чашевидной накладки, которая напрессовывается в горячем состоянии с радиальным натягом на предварительно обточенные упорную и опорную поверхности пятника. Упорная поверхность износостойкой накладки выполняется конической [12].

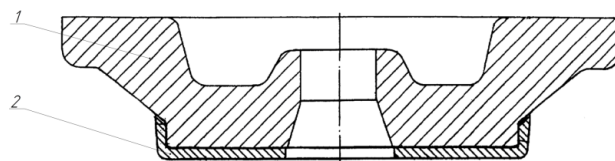


Рис. 11. Пятник конструкции ООО «Коруд»: 1 – пятник; 2 – износостойкая накладка  
Fig. 11. Center plate designed by LLC «Korud»: 1 – centre plate; 2 – wear-resistant lining

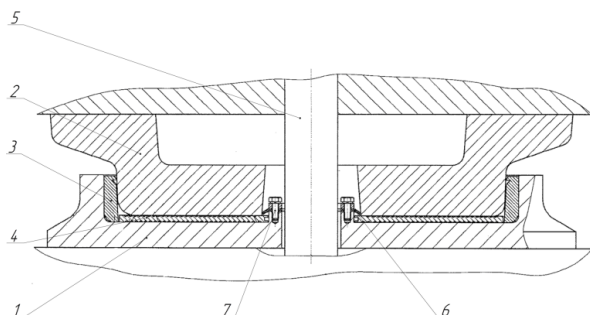
Применение пятников такой конструкции позволяет снизить трудоемкость ремонта пятникового узла, но реализация данной технологии на линейных предприятиях вагонного хозяйства будет затруднена возможной проблемой отсутствия необходимой технической оснастки.

В ОАО «ВНИКТИ» был разработан пятниковый узел, конструкция которого принципиально не отличается от стандартного пятникового узла. Цель разработчиков заключалась в повышении износостойкости опорной и упорной поверхностей пятника, а также увеличении срока службы пятникового узла [13].

Предложенный пятниковый узел (рис. 12) состоит из пятника, установленного на кузове вагона и подпятника стандартной конструкции, выполненной в виде чашевидного углубления в наддрессорной балке.

Между пятником и подпятником устанавливается износостойкий перфорированный диск. Материал, из которого изготовлен диск, более твердый, чем материал пятника и подпятника. Для уменьшения коэффициента трения диск покрывается с обеих сторон смазочным материалом. Смазочный материал может использоваться как сыпучий, так и пластичный. С аналогичной целью устанавливается износостойкое кольцо между упорной поверхностью

пятника и боковой стенкой подпятника. Для предотвращения выдавливания смазочного материала из-под пятника на внутренний бурт подпятника при помощи болтового соединения устанавливается кольцо из упругого материала. Аналогичную функцию выполняет выемка на износостойком кольце.



**Рис. 12.** Пятниковый узел конструкции ОАО «ВНИКТИ»:

1 – подпятник; 2 – пятник; 3 – износостойкое кольцо; 4 – износостойкий перфорированный диск; 5 – шкворень; 6 – кольцо из упругого материала; 7 – болтовое соединение

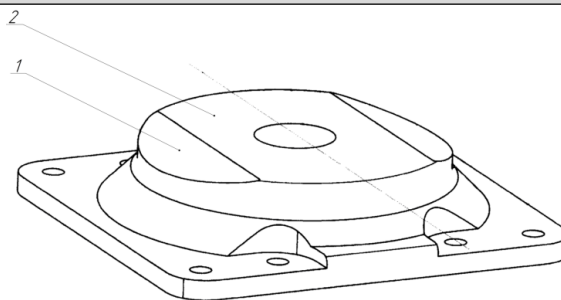
**Fig. 12.** Center plate node designed by OJSC «VNIKTI»:

1 – thrust bearing; 2 – center plate; 3 – wear-resistant ring; 4 – wear-resistant perforated disk; 5 – kingpin; 6 – ring made of elastic material; 7 – bolted connection

Возможными недостатками данного пятникового узла могут быть высокая трудоемкость при изготовлении и трудности при проведении ремонта.

Важным направлением решения проблемы износа упорной и опорной поверхностей пятника является изменение его геометрической формы. Например, при движении вагона в кривых возникает явление перевалки кузова относительно центральной оси вагона. В такой ситуации на ребро пятника воздействуют большие контактные напряжения, тем самым усиливается износ пятника.

Одним из решений данной проблемы является выполнение скосов на опорной поверхности пятника. Так, в рамках такой концепции в ООО «ВНИЦТТ» был разработан новый пятник (рис. 13). Этот пятник практически ничем не отличается от стандартного. Основное изменение заключается в том, что на опорной поверхности пятника выполняются скосы (на противоположных сторонах и симметрично продольной оси симметрии пятника) [14].

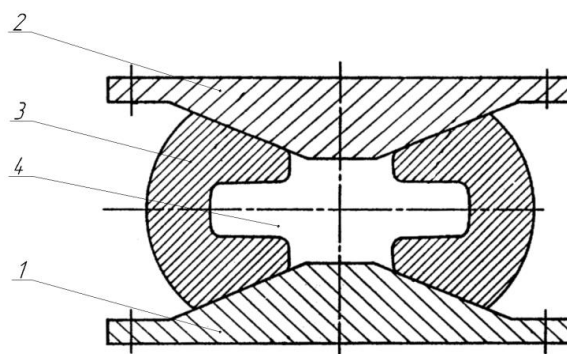


**Рис. 13.** Пятник конструкции ООО «ВНИЦТТ»: 1 – поверхность скоса; 2 – опорная поверхность  
**Fig. 13.** Center plate of LLC «VNICTT» design: 1 – bevel surface; 2 – supporting surface

Данное усовершенствование позволяет уменьшить величину износа пятника, так как благодаря изменению точки контакта снижаются напряжения и сила трения при вписывании в кривую.

Одним из направлений решения проблемы износа в существующем пятниковом узле является разработка новых конструкций пятниковых узлов.

Так, в Московском институте инженеров транспорта для реализации цели повышения надежности пятниковых узлов была разработана оригинальная конструкция пятникового узла (рис. 14) [15].



**Рис. 14.** Пятниковый узел конструкции Московского института инженеров транспорта: 1 – подпятник; 2 – пятник; 3 – шкворень; 4 – полость, заполняемая смазкой

**Fig. 14.** Center plate node designed by Moscow Institute of Transport Engineers: 1 – thrust bearing; 2 – center plate; 3 – kingpin; 4 – cavity filled with grease

Предложенный пятниковый узел состоит из пятника и подпятника с коническими выступами. Благодаря этому данная конструкция пятникового узла способна воспринимать как вертикальные, так и горизонтальные усилия.

Между ними установлен кольцеобразный шкворень с С-образным сечением. Он выполнен из упругого материала. Полость, которая располагается внутри шкворня, заполняется графитовой смазкой. Данные конструкции имеют ряд недостатков:

1. Ограниченное количество типов и моделей вагонов, на которых применима данная конструкция.

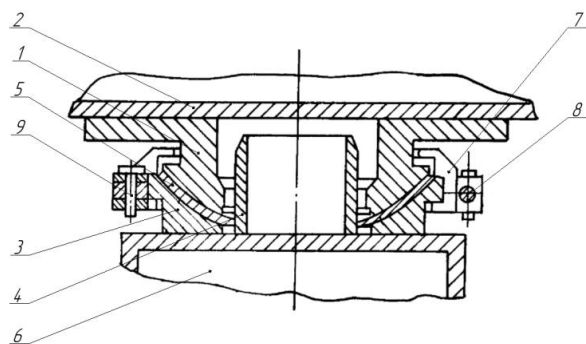
2. Уменьшение площади контакта пятника и подпятника приводит к увеличению напряжения и увеличивает риски развития трещин в надрессорном брусе.

3. Скосы на опорной поверхности снижают надежность узла при воздействии на подвижной состав продольно-поперечных нагрузок в процессе эксплуатации.

4. Усложняется ремонт и обслуживание данного узла.

По мнению некоторых авторов, наиболее оптимальной формой опорной поверхности является форма, стремящаяся к сферической, так как в процессе эксплуатации опорные поверхности пятникового узла приобретают подобную форму.

В данном направлении существуют некоторые разработки. Например, в ОАО «Ижорские заводы» был разработан пятниковый узел со сферическими опорными поверхностями (рис. 15) [16].



**Рис. 15.** Пятниковый узел конструкции ОАО «Ижорские заводы»:

1 – пятник; 2 – кузов вагона; 3 – подпятник; 4 – шкворень; 5 – износостойкая прокладка; 6 – рама тележки; 7 – полукольцо; 8 – откидной болт; 9 – ось (болт)

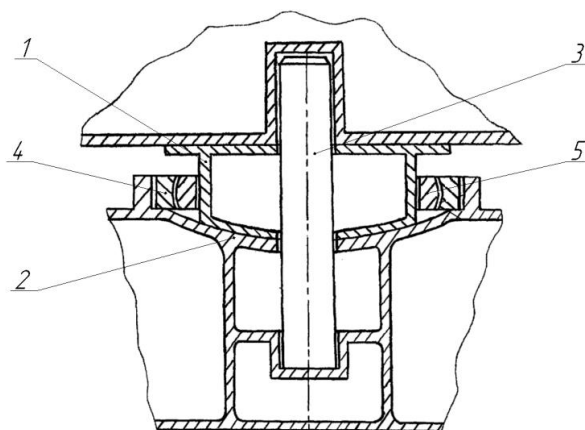
**Fig. 15.** Center plate node designed by JSC «Izhorskie Zavody»:

1 – center plate; 2 – wagon body; 3 – thrust bearing; 4 – kingpin; 5 – wear-resistant gasket; 6 – bogie frame; 7 – half ring; 8 – folding bolt; 9 – axis (bolt)

Предложенный пятниковый узел состоит из пятника и подпятника со сферическими опорными поверхностями. Между опорными поверхностями пятника и подпятника находится износостойкая прокладка, предотвращающая износ опорных поверхностей. Труба, установленная неподвижно в центре пятникового узла, выполняет роль шкворня и является центрирующим приспособлением при выполнении операции подкатки тележки под кузов вагона. Незаъемность данного пятникового узла обеспечивается применением полуколец с внутренними канавками, которые сжимаются откидным болтом и осью (болтом).

Возможным недостатком предложенной конструкции может быть высокая трудоемкость изготовления.

Подобную конструкцию пятникового узла со сферической опорной поверхностью предложили в ОАО «ВНИКТИ» (рис. 16) [17].



**Рис. 16.** Пятниковый узел конструкции ОАО «ВНИКТИ»:

1 – пятник; 2 – подпятник; 3 – шкворень; 4 – наружное кольцо; 5 – внутреннее пружинящее кольцо

**Fig. 16.** Center plate node designed by OJSC «VNIKTИ»:

1 – center plate; 2 – thrust bearing; 3 – kingpin; 4 – outer ring; 5 – inner spring ring

Данный пятниковый узел состоит из пятника и подпятника со сферическими опорными поверхностями, а также шкворня, который устанавливается в отверстиях пятника и подпятника. Конструктивной особенностью предлагаемого пятникового узла является наличие составного кольца, установленного в подпятник. Это кольцо состоит из двух элементов: наружного и внутреннего пружинящего кольца.



Наружное кольцо обладает вогнутой внутренней поверхностью, а внутреннее кольцо имеет выпуклую внешнюю поверхность. В сборе между вогнутой и выпуклой поверхностями колец имеется зазор. Предлагаемая конструкция не имеет износостойких элементов, поэтому весьма подвержена износу.

Одним из способов повышения надежности и долговечности пятниковых узлов является нанесение антифрикционных покрытий на упорные и опорные поверхности пятника и подпятника.

Активно развивается направление, связанное с разработкой новых способов нанесения антифрикционных покрытий. В Центральном управлении интеллектуальной собственностью ОАО «РЖД» был разработан способ нанесения антифрикционных покрытий на упорные поверхности пятникового узла. Данный способ направлен на обеспечение повышения прочности и срока службы антифрикционного слоя, удаление неровностей металлического слоя и понижение коэффициента трения [18].

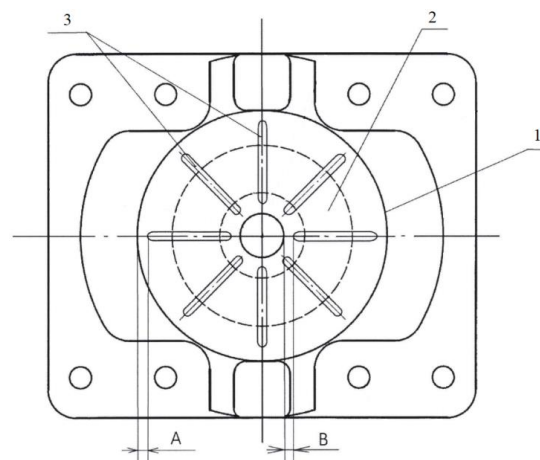
Поставленные цели достигаются тем, что предварительно наносится на опорные поверхности пятникового узла шероховатый слой толщиной от 0,01 до 3,0 мм электроискровым методом с использованием электродов из средне- или высокоуглеродных сталей и последующее нанесение антифрикционного слоя, отличающийся тем, что на подготовленный шероховатый слой подогреваемым двухсopловым краскораспылителем наносят эпоксидный композит, состоящий из двух равных по массе и объему частей, подаваемых из разных сопел.

Возможными недостатками данного способа может быть сложность массовой реализации подобной технологии на вагоноремонтных предприятиях и достаточно долгое время отвержения покрытия.

В АО «Алтайвагон» был разработан пятник грузового вагона, опорная поверхность которого модернизирована для решения проблемы пополнения смазки в узле «пятник – подпятник» (рис. 17).

С помощью данного усовершенствования пятника разработчики попытались добиться увеличения долговечности пятника за счет уменьшения износа его опорной поверхности путем обеспечения постоянного нахождения достаточного количества смазки в зоне контакта пятника и подпятника в выемках и отсут-

ствия возможности попадания грязи между трущимися поверхностями.



**Рис. 17.** Схема пятникового узла конструкции АО «Алтайвагон»:

1 – упорная поверхность; 2 – опорная поверхность; 3 – выемка; 4 – подпятник

**Fig. 17.** Scheme of the center plate node designed by JSC «Altaivagon»:

1 – thrust surface; 2 – supporting surface; 3 – notch; 4 – thrust bearing

В данной модели пятника на опорной поверхности были выполнены выемки одинаковой или разной длины, а их глубина составляет не более 6,5 мм. Выемки заполняются смазочным материалом. Указанная глубина позволяет создать запас смазочного материала в углублениях на весь период эксплуатации пятника, истирание опорной части которого, согласно нормативной документации, не может превышать 6 мм.

Явных недостатков у предложенной конструкции не выявлено.

Известны иностранные конструктивные решения, применяемые в узле «пятник – подпятник». Так, в ряде стран Западной Европы применяются пятниковые узлы, имеющие контактную поверхность сферической формы.

В США в конструкции пятниковых узлов использовались шариковые или роликовые подшипники [19]. В дальнейшем в конструкции американских вагонов стал использоваться пятниковый узел со сферической контактной поверхностью.

## Заключение

Подводя итог, можно сделать вывод, что на данный момент активно идет поиск решения

проблемы износа пятникового узла. Предлагаются новые конструкции пятников, пятниковых узлов, а также разрабатываются методы нанесения антифрикционных покрытий на опорные и упорные поверхности пятника и подпятника. Однако предложенные конструкции пятников и пятниковых узлов не имеют широкого распространения. Поэтому наиболее эффективным и дешевым решением обозначенной проблемы

является подбор износостойких материалов для изготовления специальных чаш или дисков. Применение данного решения позволит продлить срок эксплуатации стандартных пятниковых узлов, а также минимизирует момент сил трения, который препятствует угловым перемещениям тележки в ходе движения в кривых участках пути.

### Список литературы

1. Трибологические исследования для разработки модификаторов трения в системе «колесо-рельс» / С.М. Захаров, И.Г. Горячева, А.П. Краснов и др. // Трение и износ. 2015. Т. 36. № 6. С. 611–620.
2. Воронин Н.Н., Воронин Н.Н. Мл., Зин Э.М. Износы в пятниковых узлах цистерн // Мир транспорта. 2013. Т. 11. № 1 (45). С. 30–35.
3. Филиппов В.Н., Тармаев А.А., Жайсан И. Снижение износа гребней колес грузовых вагонов за счет рационализации параметров узлов опирания кузова // Вестн. Урал. гос. ун-та путей сообщ. 2018. № 4 (40). С. 11–17.
4. Оценка напряженно-деформированного состояния кожухов тяговых редукторов электровозов / А.В. Слепцов, Е.Ю. Дульский, Е.А. Милованова и др. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы девятой междунар. науч.-практ. конф. Иркутск, 2018. Т. 2. С. 654–660.
5. ГОСТ 9246-2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. Введ. 2014–07–01. М. : Стандартинформ, 2014. 36 с.
6. Оценка работы сил трения в боковом контакте «колесо – рельс» и на сопрягаемых поверхностях пятникового узла грузовых вагонов методами компьютерного моделирования / В.И. Колесников, А.П. Сычѳв, А.А. Зарифьян и др. // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщ. 2015. № 1 (57). С. 13–21.
7. ГОСТ 34468–2018 Пятники грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. Введ. 2019–07–01. М. : Стандартинформ, 2018. 35 с.
8. Kereszty P. Role of the center plate and side bearing in the safe riding of rail vehicles // Acta techn. Acad. sci. hung. 1974. № 1-2, P. 129–152.
9. Васильев С.М., Пищик А.В. Особенности работы узла «пятник – подпятник» в вагонах-платформах для перевозки крупнотоннажных контейнеров // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI междунар. науч.-практ. конф. Гомель, 2021. Ч. 1. С. 93–94.
10. Вериго М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава в кривых малого радиуса и борьба с боковым износом рельсов и гребней колес. М. : ПТКБ ЦП МПС, 1997. 207 с.
11. Заверталоу А.В. Влияние технического состояния узлов опирания грузовых вагонов на сопротивление повороту тележек // Вестн. Всерос. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. 2000. № 3. С. 9–12.
12. Пат. 49782 Рос. Федерация. Пятник грузового вагона / С.И. Попов, В.М. Круглов, А.В. Осинцев и др. № 2005116540/22 ; заявл. 30.05.2005 ; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34. 1 с.
13. Пат. 2465161 Рос. Федерация. Пятниковый узел опоры кузова на тележку грузового вагона / В.А. Чаркин, В.В. Березин, Ю.А. Панин и др. № 2011123682/11 ; заявл. 14.06.2011 ; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30. 7 с.
14. Пат. 2613113 Рос. Федерация. Пятник железнодорожного подвижного состава / Р.А. Савушкин, К.В. Кякк, А.С. Кононенко и др. № 2015156658 ; заявл. 29.12.2015 ; опубл. 15.03.2017, Бюл. № 8. 7 с.
15. А.с. 1595724 СССР. Пятниковый узел рельсового транспортного средства / В.А. Юдин, М.М. Болотин, П.А. Устич и др. № 4615849 ; заявл. 05.12.1988 ; опубл. 30.09.1990, Бюл. № 36. 2 с.
16. Пат. 2228276 Рос. Федерация. Пятниковый узел рельсового транспортного средства / В.А. Трунов. № 2001133492/11 ; заявл. 07.12.2001 ; опубл. 10.05.2004, Бюл. № 13. 4 с.
17. Пат. 2279368 Рос. Федерация. Пятниковый узел опоры кузова на тележку грузового вагона / А.И. Кокорев, В.В. Березин, А.А. Лунин. № 2004138580/11 ; заявл. 29.12.2004 ; опубл. 10.07.2006, Бюл. № 19. 7 с.
18. Пат. 2574548 Рос. Федерация. Способ нанесения антифрикционных покрытий на упорные поверхности пятникового узла / В.И. Колесников, А.П. Сычев, А.В. Лапицкий и др. № 2014146880/02 ; заявл. 21.11.2014 ; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4. 5 с.
19. Американские железнодорожные энциклопедии: вагоны / под ред. П.И. Травина. М. : Трансжелдориздат, 1937. 844 с.

### References

1. Zakharov S.M., Goryacheva I.G., Krasnov A.P., Yudin A.S., Morozov A.V., Markov D.P., Naumkin A.V., Ovechkin A.V. Tribologicheskie issledovaniya dlya razrabotki modifikatorov treniya v sisteme «koleso-rel's» [Tribological researches for the development of friction modifiers in the wheel-rail system]. *Trenie i iznos* [Friction and wear], 2015, vol. 36, no. 6, pp. 611–620.
2. Voronin N.N., Voronin N.N. Jr., Zin E.M. Iznosy v pyatnikovyx uzлах tsistern [Tear and wear of center plate units of rail tanks]. *Mir transporta* [The world of transport], 2013, vol. 11, no. 1 (45), pp. 30–35.
3. Filippov V.N., Tarmaev A.A., Zhaisan I. Snizhenie iznosa grebnei koles gruzovykh vagonov za schet ratsionalizatsii par-

ametov uzlov opiraniya kuzova [Reducing the wear of the ridges of the wheels of freight wagons by rationalizing the parameters of the body support units]. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshheniya* [Bulletin of the Ural State Transport University], 2018, no. 4 (40), pp. 11–17.

4. Sleptsov A.V., Dul'skii E.Yu., Milovanova E.A., Pykhalov A.A. Otsenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kozhukhov tyagovykh reduktorov elektrovozov [Assessment of the stress-strain state of electric locomotive traction gear housings]. *Materialy Devyatoi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona»* [Proceedings of the 9th International Scientific-Practical Conference «Transport infrastructure of the Siberian region»]. Irkutsk, 2018, vol. 2, pp. 654–660.

5. GOST 9246-2013. Telezhki dvukhosnye trekhelementnye gruzovykh vagonov zheleznykh dorog kolei 1520 mm Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 9246-2013. Bogies two-axle three-piece for freight wagons of 1520 mm gauge railways. General technical specifications]. Moscow: Standartinform Publ., 2014. 36 p.

6. Kolesnikov V.I., Sychev A.P., Zarif'yan A.A., Kolesnikov I.V., Sychev A.A. Otsenka raboty sil treniya v bokovom kontakte «koleso – rel's» i na sopryagaemykh poverkhnostyakh pyatnikovogo uzla gruzovykh vagonov metodami komp'yuternogo modelirovaniya [Evaluation of the work of friction forces in the lateral contact «wheel – rail» and on the mating surfaces of the pyatnik node of cargo wagons by computer modeling methods]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshheniya* [Bulletin of the Rostov State Transport University], 2015, no. 1 (57), pp. 13–21.

7. GOST 34468-2018. Pyatniki gruzovykh vagonov zheleznykh dorog kolei 1520 mm. Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 34468-2018. Center plates of the freight wagons for 1520 mm gauge railways. General specifications]. Moscow: Standartinform Publ., 2018. 35 p.

8. Kereszty P. Role of the center plate and side bearing in the safe riding of rail vehicles. «Acta techn. Acad. sci. hung», 1974, no. 1–2, pp. 129–152.

9. Vasil'ev S.M., Pishik A.V. Osobennosti raboty uzla «pyatnik – podpyatnik» v vagonakh-platformakh dlya perevozki krupnotonnazhnykh konteynerov [Features of the operation of the center plate –thrust bearing node in platform wagons for the transportation of large-capacity containers]. *Materialy XI mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy bezopasnosti na transporte» (v 2 ch.)* [Proceedings of the XI International Scientific and practical conference «Problems of transport safety» (in 2 parts)]. Gomel, 2021, part 1, pp. 93–94.

10. Verigo M.F. Vzaimodeistvie puti i podvizhnogo sostava v krivykh malogo radiusa i bor'ba s bokovym iznosom rel'sov i grebnei koles [The interaction of track and rolling stock in small radius curves and the fight against lateral wear of rails and wheel ridges]. Moscow: PTKB TsP MPS Publ., 1997. 207 p.

11. Zavertalyuk A.V. Vliyaniye tekhnicheskogo sostoyaniya uzlov opiraniya gruzovykh vagonov na soprotivleniye povorotu telezhek [The influence of the technical condition of the support units of freight wagons on the resistance to turning bogies]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta* [Bulletin of the All-Russian Scientific-Research Institute of Railway transport], 2000, no. 3, pp. 9–12.

12. Popov S.I., Kruglov V.M., Osintsev A.V., Chizhov V.A. Patent RU 49782 U1, 10.12.2005.

13. Charkin V.A., Berezin V.V., Panin Yu.A., Trifonov A.V. Patent RU 2465161 C1, 27.10.2012.

14. Savushkin R.A., Kyakk K.V., Kononenko A.S., Shevchenko D.V., Savel'ev S.A. Patent RU 2613113 C1, 15.03.2017.

15. Yudin V.A., Bolotin M.M., Ustich P.A., Moksyakov A.P., Vanslov Yu.D. Copyright certificate SU 1595724 A1, 30.09.1990.

16. Trunov V.A. Patent RU 2228276 C2, 10.05.2004.

17. Kokorev A.I., Berezin V.V., Lunin A.A. Patent RU 2279368 C1, 10.07.2006.

18. Kolesnikov V.I., Sychev A.P., Lapitskii A.V., Bardushkin V.V. Patent RU 2574548 C1, 10.02.2016.

19. Amerikanskiiye zheleznodorozhnyye entsiklopedii: vagony [American Railway Encyclopedias: wagons]. Ed. Travin P.I. Moscow: Transzheldorizdat Publ., 1937. 844 p.

### Информация об авторах

**Дульский Евгений Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: e.dul'skiy@mail.ru.

**Иванов Павел Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроподвижного состава, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: savl.ivanov@mail.ru.

**Ромашов Антон Викторович**, аспирант кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: Patifonik@bk.ru.

**Трескин Сергей Викторович**, кафедра вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: sergei.treskin@yandex.ru.

### Information about the authors

**Evgenii Yu. Dul'skii**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Wagons and Wagon Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: e.dul'skiy@mail.ru.

**Pavel Yu. Ivanov**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electric Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: savl.ivanov@mail.ru.

**Anton V. Romashov**, Ph.D. student of the Department of Wagons and Wagon Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: Patifonik@bk.ru.

**Sergei V. Treskin**, Department of Wagons and Wagon Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: sergei.treskin@yandex.ru.