

**ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ**

УДК 629.463

DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_99

*Г. А. Бубнова, П. А. Шульгинов, А. О. Вахромов***ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА И
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕСУРСА ВАГОНА**

Аннотация. На основании годовых отчётов по ремонту вагонов вычислены вероятности различных отказов автосцепки, а также построена динамика списания вагонов из эксплуатации с прогнозом на ближайшие 3 года. Рассмотрены современные методы диагностики автосцепного устройства, а также методы наплавки для восстановления изношенных деталей. Проанализированы преимущества и недостатки методов наплавки.

Ключевые слова: вагон, автосцепное устройство, неисправность, износ, диагностика, ремонт, наплавка, интенсивность переходов.

Для цитирования: Бубнова, Г. А. Оценка технического состояния автосцепного устройства и современные способы восстановления ресурса вагона / Г. А. Бубнова, П. А. Шульгинов, А. О. Вахромов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 1. – С. 99–108. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_99.

Автосцепное устройство предназначено для сцепки вагонов между собой и с локомотивом. Оно является одним из ключевых узлов подвижного состава и воспринимает ударную нагрузку при сцепке. В следствие частых ударов со временем у автосцепок возникают различные трещины и истирания деталей, что может привести к саморасцепу вагонов при движении. Это может негативно сказаться на безопасности движения поездов, а также принесёт финансовые убытки. Поэтому необходимо тщательно следить за состоянием автосцепных устройств и при выявленных неисправностях незамедлительно производить качественный ремонт. В данной статье будут рассмотрены передовые технологии диагностики и ремонта автосцепок СА-3.

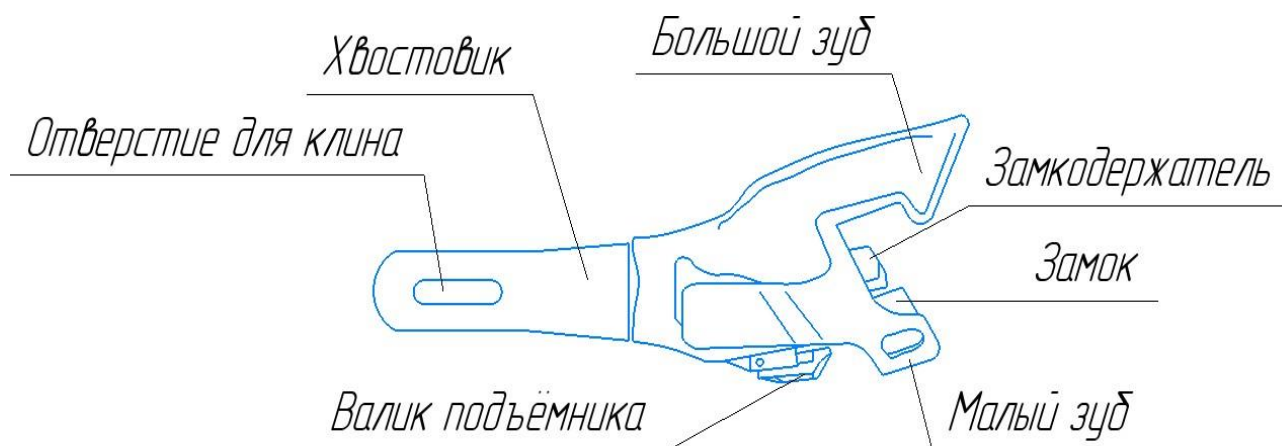


Рис. 1. Автосцепка СА-3

Основные неисправности автосцепки представлены на рисунке 2.

а)



Трещины на корпусе автосцепки

б)



Излом клина тягового хомута

в)

Нарушение крепления
предохранителя валика подъёмника

г)

Неисправность
от саморасцепа

д)

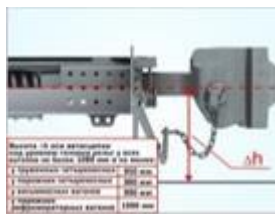


Излом ударной розетки

е)

Несоответствие длины
цепи расцепного
привода

ж)



Недопустимая высота автосцепки над уровнем головок рельсов

Рис. 2. Виды неисправностей Советской автосцепки 3

В настоящее время для выявления дефектов и неисправностей автосцепок в основном применяют визуальный осмотр, либо используют шаблоны. Но шаблоны дают достаточно высокую погрешность, а визуально человек не всегда может обнаружить неисправность. Поэтому сначала рассмотрим более современные методы диагностики автосцепок.

Для производства неразрушающего контроля автосцепки на ремонтных депо внедряются современные автоматизированные установки «Робоскоп ВТМ 3000» (рис. 3). Данные установки позволяют проводить вихретоковый, измерительный, импедансный и ультразвуковой контроль, с возможностью позиционирования и перемещения манипулятора по заданной траектории в трехмерном пространстве и позиционирования рабочей точки инструмента контроля по указанным координатам в пределах зоны досягаемости манипулятора. «Робоскоп ВТМ-3000» накапливает в своем архиве не менее 1000 записей результатов контроля с целью последующего их анализа и представления в виде документа. [1]

Применение этого устройства позволяет значительно повысить точность измерения

параметров деталей автосцепки, выявлять трещины как снаружи, так и внутри детали. Также повышается производительность выполнения работ. Но вместе с тем, такая установка имеет высокую стоимость и требует определённой квалификации работника, поэтому компании ОАО «РЖД» необходимо открывать учебные центры для переподготовки работников.



Рис. 3. «Робоскоп ВТМ 3000»

Ещё одним современным техническим устройством для диагностики является пост диагностики подвижного состава (ППСС). Он позволяет проводить диагностику вагона с помощью лазерных, тепловых, тензометрических датчиков, а также специализированными камерами технического зрения. ППСС контролирует более 20 параметров вагона, среди которых есть и связанные с автосцепкой. Осмотр происходит полностью автоматически, а работники привлекаются только в случае выявления неисправности. Система также аккумулирует данные с постов, что позволяет выявлять статистику неисправностей и делать прогнозы. [2]

Такое устройство обеспечивает высокую производительность и облегчает труд работников, так как контроль можно производить прямо на перегоне во время проследования поезда, не отправляя подвижной состав в депо.



Рис. 4. ППСС

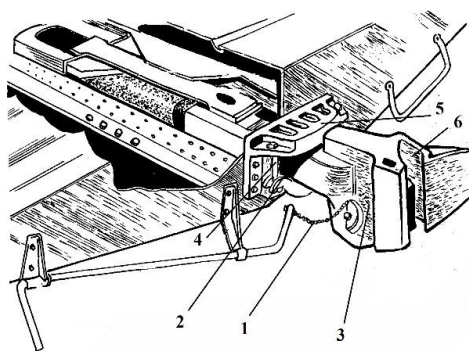
Наиболее опасными для движения поездов являются неисправности, приводящие к саморасцепу автосцепки. Саморасцеп может привести к набеганию отцепившейся части состава, либо падению деталей автосцепки на путь при их изломе, вследствие чего вагоны могут сойти с рельсов.

Замок автосцепки удерживается в сцепленном состоянии с помощью предохранителя. Если износ деталей не превышает норму, то обеспечивается надёжное функционирование механизма, исключающее саморасцеп автосцепки.

Чаще всего причиной саморасцепа является недействующий предохранитель. На надёжность работы предохранителя влияет размер вертикального зацепления противовесом верхнего плеча предохранителя в сцепленном состоянии, а также износы шипа, стенок овального отверстия замкодержателя, забоины и закругления на его противовесе и торце верхнего плеча предохранителя. Кроме того, на вертикальное зацепление также влияет износ малого зуба смежной автосцепки. Если размеры данных износов выше допустимых, то они могут вызвать значительное опускание противовеса. При этом вертикальное зацепление может стать недостаточным для удержания предохранителя и замка, что приведёт к саморасцепу. Большое значение для надёжного действия автосцепки имеет зазор между торцами верхнего плеча предохранителя и противовеса замкодержателя. Этот зазор характеризует работу механизма автосцепки при сцеплении. При износе этот зазор увеличивается, из-за этого может случиться опережение включения предохранителя, и в таком случае произойдёт излом или изгиб его деталей, и, как следствие, саморасцеп. [3]

Таким образом, все детали автосцепного устройства должны удовлетворять установленным нормам и строго контролироваться при ремонте. На рисунке 5 представлены статистические данные о неисправностях автосцепки для 10 тысяч вагонов, с которыми поступали вагоны в текущий ремонт (ТР-1, ТР-2) в течение 2021–2022 гг.

а)



б)

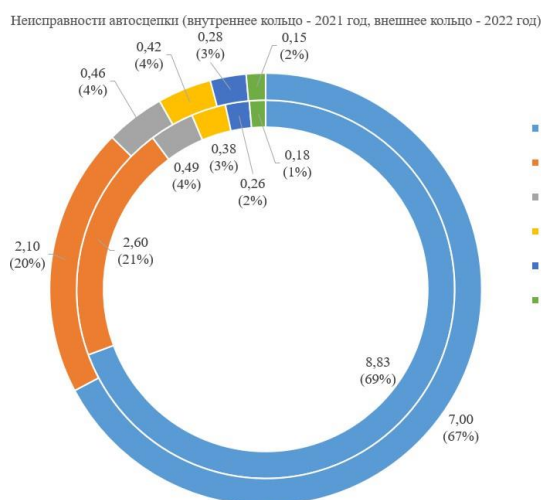


Рис. 5. Динамика отказов автосцепных устройств с 2021–2022 гг. а) Неисправности автосцепки; б) доли их отказов в эксплуатации

1 – Излом/ослабление расцепного привода; 2 – Провисание автосцепки; 3 – Трещина в корпусе автосцепки; 4 – Обрыв/трещина маятниковой подвески; 5 – Трещина ударной розетки; 6 – Неисправность корпуса автосцепки

Большое значение имеют критерии, характеризующие состояние автосцепки. Переходы из одного состояния в другое изобразим в виде графа. Вершины графа – это состояния автосцепки, а дуги – это переходы между состояниями. S_i – состояние узла; P_i – вероятность данного состояния; λ_{1i} – интенсивность перехода из исправного состояния в неисправное; μ_{i1} – интенсивность восстановления. Виды состояний на графе (рис. 5): S_1 – исправное работоспособное, контролируемое при техническом обслуживании (ТО); S_2 – неисправное работоспособное, восстанавливаемое при ТО; S_3 – неработоспособное неисправное, восстанавливаемое текущим ремонтом (ТР); S_4 – неработоспособное неисправное, восстанавливаемое плановым ремонтом; S_5 – неисправное предельное состояние, когда деталь не подлежит ремонту. [4]

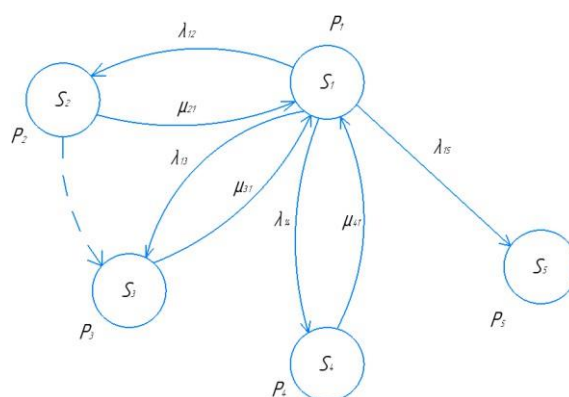


Рис. 6. Граф состояния автосцепки в процессе технического обслуживания

Примем, что все вагоны, поступившие в ремонт, были отремонтированы, то есть $\mu_{21} = \mu_{31} = \mu_{41} = 1$. Проведём расчёт вероятностей отказов для каждого состояния по формуле

$$\lambda_{1i} = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

где n_i – количество вагонов, поступивших на ТО, ТР, плановый ремонт, либо списанных;
 N – общее число вагонов в эксплуатации.

Для получения численных значений использовали годовой отчёт по ремонту вагонов за 2021 год.

Доля вагонов, прибывших на ТО:

$$\lambda_2 = \frac{n_2}{N} = \frac{11885}{1188471} = 0,01$$

Доля вагонов, прибывших на ТР:

$$\lambda_3 = \frac{n_3}{N} = \frac{22400}{1188471} = 0,0188$$

Доля вагонов, прибывших на плановый ремонт:

$$\lambda_4 = \frac{n_4}{N} = \frac{29800}{1188471} = 0,0251$$

Доля списанных вагонов:

$$\lambda_5 = \frac{n_5}{N} = \frac{26200}{1188471} = 0,0220$$

Изменение количества списанных вагонов можно изобразить на графике (Рис. 7).

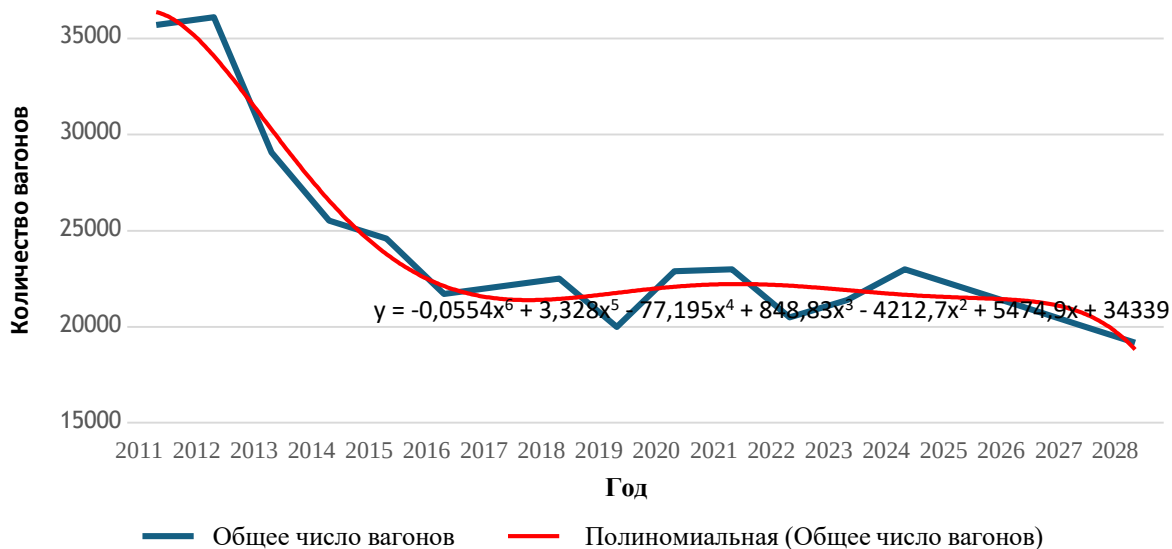


Рис. 7. Динамика количества списанных вагонов за 2011–2028 гг.

Как видно из графика, число списанных вагонов постепенно снижается, это связано с усовершенствованием технологии ремонта и диагностики. Прогноз на период 2026–2028 годов показывает дальнейшее снижение количества списанных вагонов.

Что касается самих способ ремонта, то в данной статье рассмотрим современные методы наплавки для восстановления геометрических параметров изношенных деталей автосцепок. Например, неисправностей корпуса автосцепки и сцепного механизма.

Из возможных способов наплавки металла выделили три, которые могут применяться при ремонте автосцепок или иных узлов вагонов. Это наплавка сварочным аппаратом, лазерная наплавка, индукционная наплавка.

Наиболее простой и дешёвый способ восстановления геометрических размеров деталей автосцепки – это ручная дуговая наплавка с применением сварочного аппарата. Такой метод до сих пор имеет широкое применение на производстве в виду своей простоты. Он позволяет с достаточной равномерностью наносить металл на восстанавливаемую поверхность автосцепки.

Чаще всего применяют ручную дуговую наплавку плавящимся электродом. Формирование наплавляемой поверхности происходит за счёт взаимодействия наносимого материала и основного металла. Процесс наплавки проходит в три этапа: первый – это нагрев и расплавление присадочного материала, а также тонкого слоя основного металла. Второй этап – наплавленный и основной металл сплавляются между собой. Образуется сварочная ванна, где смешиваются присадочный и основной металл. После этого начинается третий этап – охлаждение и кристаллизация расплава. В итоге получается достаточно прочный металлический слой на восстанавливаемой поверхности. Наплавка производится узкими полосами, который частично перекрывают друг друга. Это обеспечивает равномерность

наплавки и снижает количество дефектов. [5]

Преимущества ручной дуговой наплавки заключаются в её простоте, универсальности, манёвренности, доступности оборудования, низкой стоимости оборудования и самого процесса. Способ позволяет делать наплавку в любом пространственном положении. Но вместе с тем у этого способа есть существенные недостатки – это низкая производительность ввиду малой скорости перемещения электрода и необходимости их замены. Также имеет место нестабильность качества наплавляемого слоя. Поэтому на производстве применяются более технологичные и автоматизированные способы.

Лазерная наплавка – технология нанесения расплавленного материала на поверхность заготовки с использованием лазерного излучения в качестве источника тепла. Как правило, используется порошковый присадочный материал, который под воздействием энергии лазера формирует плотное покрытие, имеющее металлургическую связь с основным материалом (Рис. 8).

В качестве порошкового материала используют смесь из частиц титана и карбида кремния с размером 20–100 мкм в массовом соотношении 6:4 или 6:5.

Способ получения более прочного покрытия состоит в нанесении порошкового высокоэнтропийного материала, содержащего никель (10–30%), кобальт (10–30%), железо (10–30%), титан (2–10%), хром (10–30%), марганец (10–30%), углерод в атмосфере аргона (0,5–2,5%). Увеличение содержания титана более 10% приведет к повышению хрупкости покрытия, а снижение его менее 2% не позволяет достичь требуемой прочности. Также увеличение содержания углерода более 2,5% приведет к повышению хрупкости покрытия, а снижение его менее 0,5% не позволяет достичь требуемого упрочнения и снижает твердость покрытия.

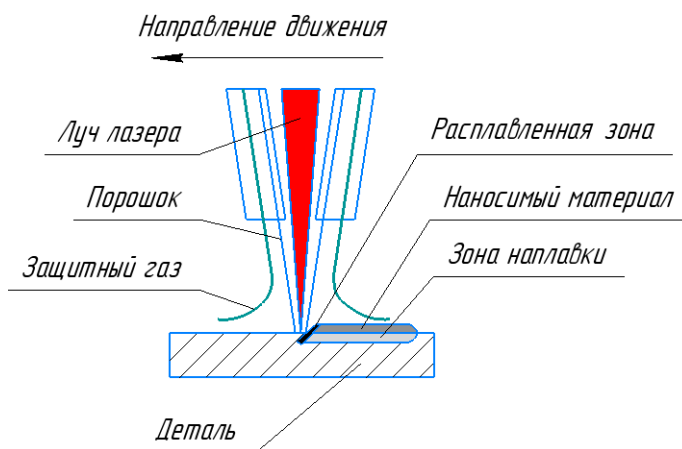


Рис. 8. Лазерная наплавка

Указанный материал наносят лазерной наплавкой при мощности лазера 2,2–2,6 кВт, скорости сканирования лазерного луча 12–15 мм/сек, расходе наплавляемого материала 7,5 – 15 г/мин. и диаметре пятна 2,0–2,5 мм.

Снижение мощности лазера менее 2,2 кВт приведет к неполному сплавлению порошкового материала с основой, а увеличение его более 2,6 кВт ведет к перемешиванию материала подложки и наплавляемого материала.

Увеличение скорости сканированного луча более 15 мм/сек ведет к изменению химического состава наплавляемого покрытия, что не позволит достичь требуемых свойств покрытия, а снижение этой скорости менее 12 мм/сек не обеспечивает требуемую толщину покрытия.

Увеличение расхода наплавляемого материала более 15 г/мин ведет к перерасходу наплавляемого материала и увеличению пористости, а снижение расхода его менее 7,5 г/мин

не обеспечивает требуемые толщину и свойства покрытия.

Заданное содержание в предлагаемой композиции титана и хрома позволит образовывать твердые тугоплавкие частицы карбида титана, что в значительной степени повысит износостойкости и ударную вязкость покрытия. Остальные компоненты композиции образуют высокоэнтропийную металлическую матрицу, которая характеризуется высокой стабильностью, высокими твердостью и прочностью, и при этом (в отличие от карбида титана) высокой адгезией к покрываемому металлу.[6]

По сравнению с электродуговой наплавкой, данный метод имеет более высокую производительность в следствии высокой скорости проведения наплавки. Также этот процесс

является менее трудоёмким и обеспечивает высокое качество и износостойкость наплавляемого покрытия. Лазерная наплавка создаёт очень гладкую поверхность металла, требующую минимальной последующей обработки. Основным недостатком метода является высокая стоимость оборудования и необходимость в высококвалифицированных специалистах.

Индукционная наплавка также применяется для восстановления и упрочнения поверхностей деталей автосцепки. Для нагрева наплавляемых поверхностей и расплавления наплавочного материала используются токи средней и высокой частоты. Сущность индукционной наплавки заключается в нагреве наплавляемой поверхности с помощью индуктора, локализации энергии в поверхностном слое и расплавлении его вместе с порошковым наплавочным материалом, нанесённым на восстанавливаемую поверхность. Метод позволяет производить наплавку по всей поверхности детали одновременно.

В манипуляторе для индукционной наплавки тележка снабжена кареткой, установленной на её раме с возможностью возвратно-поступательного перемещения во взаимно перпендикулярных направлениях, а поворотный стол каретки с жёстко закреплёнными на нём стойками оснащён вращателем с механизмом его подъёма, причём последний представляет собой две связанные между собой винтовые передачи, имеющие привод и размещённые в стойках, при этом винтовые передачи кинематически связаны с ползунами, несущими ложемент вращателя. Кроме того, вращатель снабжён приводом вращения, гильза которого шарнирно связана с планшайбой вращателя и механизмом наклона изделия в обе стороны от горизонта посредством винтовой тяги, установленной на раме ложемента с возможностью подъёма и опускания.

Автосцепку устанавливают в зависимости от восстанавливаемой поверхности на вращателе манипулятора. После установки изделия манипулятор разворачивают относительно генератора с индуктором, для чего вручную поворачивают поворотный стол и фиксируют тормозом. В зависимости от необходимого приближения к индуктору, устанавливают вначале опорную тележку относительно него, для чего используют основные или дополнительные колёса, регулируя их подъёмным механизмом. Затем с помощью маховиков автосцепка подводится ближе к индуктору. После этого с помощью привода включаем механизм подъёма, который, перемещая ползуны по винтовым передачам, устанавливает вращатель на необходимую высоту.

Вначале с помощью индуктора наплавляют поверхности 1 и 4, а при повороте вращателя посредством маховика осуществляется наплавка поверхностей 2 и 3. Для наплавки поверхности 7 манипулятор отводят от индуктора, разворачивают на 180°, устанавливают изделие, производят установочные манипуляции на устройстве, подводя под индуктор заданную поверхность (рисунок 6).[7]

Этот способ обеспечивает незначительное проплавление основного металла, что сохраняет его структуру. Как и лазерная наплавка, метод индукционной наплавки имеет достаточно высокую производительность и эффективность. Но данный способ имеет высокую стоимость оборудования, применяемого для наплавки. Также есть риск перегрева основного металла, а КПД метода зависит от толщины основного металла.

В данной работе были рассмотрены передовые технологии для диагностики

автосцепных устройств и восстановления их изношенных деталей. Проанализированы преимущества и недостатки различных способов наплавки металла, производимые при текущем и плановом ремонте автосцепок. Также были изучены и представлены в виде диаграммы наиболее частые неисправности узла и проведён расчёт вероятностей отказов. На основании годовых отчётов по ремонту вагонов был составлен график динамики списания вагонов, а также прогноз на ближайшие 3 года.

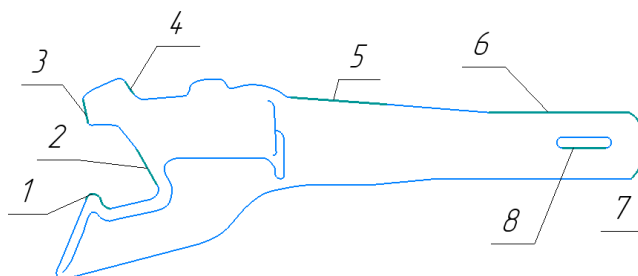


Рис. 9. Наплавка поверхностей автосцепки СА-3

Список литературы

1. Стенды лазерного сканирования и дефектоскопии Робоскоп BTM-3000 [Электронный ресурс]. URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/50029-12-roboskop-vtm-3000> (дата обращения 04.11.2025)
2. Как работают лазеры на железной дороге [Электронный ресурс]. URL: <https://gudok.ru/content/analitika/infrastructure/1593908/?ysclid=mhxle3psru874679357> (дата обращения 13.11.2025)
3. Автосцепные устройства подвижного состава железных дорог / В. В. Коломийченко, В. И. Беляев, И. Б. Феоктистов и др. – М. Транспорт, 2002. – 53 с.
4. Г. А. Камаретдинова, А. Ю. Волкова / Анализ технического состояния грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте
5. Наплавка металлов – технология восстановления и упрочнения [Электронный ресурс]. URL: <https://inner.su/articles/naplavka-metallov-eto/> (дата обращения 12.11.2025)
6. Бодров Е. Г., Самодурова М. Н., Пашкеев К. Ю., Трофимов Е. А. Способ получения износостойкого покрытия. Патент № RU 2826362 C1
7. Зайченко Ю. А., Демин А. Н., Косаревский В. В. Манипулятор для индукционной наплавки. Патент № RU 2101152 C1

References

1. Roboscope VTM-3000 Laser Scanning and Flaw Detection Stands [Electronic resource]. URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/50029-12-roboskop-vtm-3000> (accessed 04.11.2025)
2. How Lasers Work on Railways [Electronic resource]. URL: <https://gudok.ru/content/analitika/infrastructure/1593908/?ysclid=mhxle3psru874679357> (accessed 11/13/2025)
3. Automatic coupling devices of railway rolling stock / V. V. Kolomiychenko, V. I. Belyaev, I. B. Feoktistov et al. – M. Transport, 2002. – 53 p.
4. G. A. Kamaretdinova, A. Yu. Volkova / Analysis of the technical condition of freight cars at an interstate junction point
5. Metal surfacing – a technology for restoration and strengthening [Electronic resource]. URL: <https://inner.su/articles/naplavka-metallov-eto/> (accessed 12.11.2025)
6. Bodrov E. G., Samodurova M. N., Pashkeev K. Yu., Trofimov E. A. Method for producing a wear-resistant coating. Patent No. RU 2826362 C1
7. Zaychenko Yu. A., Demin A. N., Kosarevsky V. V. Manipulator for induction surfacing. Patent No. RU 2101152 C1

8. Инструкция по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог
9. Лапшин В. Ф., Орлов М. В. Основы технического обслуживания вагонов: Учебное пособие. - Екатеринбург: УрГУПС, 2006. - 375 с.

8. Instructions for the repair and maintenance of automatic coupling devices of railway rolling stock
9. Lapshin V. F., Orlov M. V. Fundamentals of technical maintenance of wagons: Textbook. - Ekaterinburg: Ural State University of Railway Transport, 2006. - 375 p.

G. A. Bubnova, P. A. Shulginov, A. O. Vakhromov

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE AUTOMATIC COUPLING DEVICE AND MODERN METHODS OF RESTORING THE RAILCAR'S RESOURCE

Abstract. Based on annual railcar repair reports, the probabilities of various automatic coupling failures are calculated, and a railcar decommissioning trend is plotted, with a forecast for the next three years. Modern diagnostic methods for automatic coupling devices, as well as surfacing methods for restoring worn parts, are considered. The advantages and disadvantages of surfacing methods are analyzed.

Keywords: railcar, automatic coupling device, malfunction, wear, diagnostics, repair, surfacing, wear rate.

For citation: Bubnova, G. A. Assessment of the Technical Condition of the Automatic Coupling Device and Modern Methods of Restoring the Railcar's Resource / G. A. Bubnova, P. A. Shulginov, A. O. Vakhromov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 1. – P. 99–108. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_99.

Сведения об авторах

Бубнова Гузаль Арсеновна

Уральский государственный университет
путей сообщения,
к.т.н., доцент, начальник отдела,
e-mail: GBubnova@usurt.ru

Шульгинов Павел Александрович

Уральский государственный университет
путей сообщения,
студент,
e-mail: p.a.shulginov@yandex.ru

Вахромов Аркадий Олегович

Уральский государственный университет
путей сообщения,
студент,
e-mail: arkadij392004@yandex.ru

Information about the authors

Bubnova Guzal Arsenovna

Ural State Transport University,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Head of the
Department,
e-mail: GBubnova@usurt.ru

Shulginov Pavel Alexandrovich

Ural State Transport University,
Student,
e-mail: p.a.shulginov@yandex.ru

Vakhromov Arkady Olegovich

Ural State Transport University,
Student,
e-mail: arkadij392004@yandex.ru