

## Транспортные системы Transport systems

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 629.4.02: 629.45  
doi: 10.30987/2782-5957-2022-4-69-77

### КОРРОЗИОННОЕ ВЛИЯНИЕ НА НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

**Андрей Сергеевич Шинкарук**

Акционерное Общество «Федеральная пассажирская компания», г. Москва, Россия  
Shinkarukas@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8462-8265

#### Аннотация

Цель исследования: снижение коррозионного воздействия на силовой каркас пассажирского вагона.

Задача, решению которой посвящена статья: исследование коррозионных процессов, возникающих в несущих элементах пассажирского вагона и снижения их в процессе жизненного цикла вагона.

Методы исследования: статистический анализ, металлографическое исследование, проведение экспериментального окрашивания пассажирского вагона.

Новизна работы: совершенствование технологии окрашивания и очистки несущих элементов, определение возникающих в процессе эксплуатации процессов коррозионного износа силового каркаса пассажирского вагона.

Результаты исследования: снижение воздействия внешней среды на хребтовую балку вагона, полная очистка хребтовой балки от ранее нанесенного лакокрасочного покрытия, незначительно отличающиеся прочностные характеристики металла при дробеструйной/механической очистки, ускорение процесса подготовки хребтовой балки под окраску, эластичность лакокрасочного покрытия.

Выводы: разработанная технология применяется в пассажирских вагонных депо, а также на вагоноремонтных заводах при проведении капитального ремонта без значительных инвестиционных и эксплуатационных затрат.

**Ключевые слова:** балка, обработка долговечность, металлографическое исследование, износ, пассажирский вагон.

Ссылка для цитирования:

Шинкарук А.С. Коррозионное влияние на несущие элементы пассажирского вагона / А. С. Шинкарук // Транспортное машиностроение. – 2022. - № 4. – С. 69–77. doi: 10.30987/2782-5957-2022-4-69-77.

Original article  
Open Access Article

### CORROSION EFFECT ON THE SUPPORTING MEMEBERS OF A PASSENGER CAR

**Andrey Sergeevich Shinkaruk**

Joint Stock Company "Federal Passenger Company", Moscow, Russia  
Shinkarukas@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8462-8265

The study objective is to reduce the corrosive effect on the bearing frame of a passenger car.

The problem to which the paper is devoted is to study corrosion processes arising in the supporting

members of a passenger car and their reduction during the life cycle of the car.

Research methods: statistical analysis, metallographic study, experimental staining of a passenger car.

The novelty of the work: to improve the technology of staining and cleaning of supporting members, definition of corrosion wear processes of the passenger car bearing frame that arise during operation.

Study results: reduction of the environment impact on the car centre sill, complete cleaning of the centre sill from previous paint coating, slightly different strength characteristics of the metal during shot

blast / mechanical cleaning, acceleration of preparing the centre sill for painting, paint coating elasticity.

Conclusions: the developed technology is applicable in passenger car depots, as well as at car repair plants during capital repairs without significant investment and operational costs.

**Keywords:** sill, durability, metallographic study, wear, passenger car.

*Reference for citing:*

*Shinkaruk AS. Corrosion effect on the supporting members of a passenger car. - Transport Engineering. – 2022. - № 4. – p. -69 – 77. doi: 10.30987/2782-5957-2022-4-69-77.*

## **Введение**

Улучшение прочностных качеств и долговечности подвижного состава является приоритетной задачей для развития современного железнодорожного транспорта и обеспечения безопасности движения [3].

В процессе эксплуатации самым важным узлом является рама вагона и к вопросу его контроля в процессе технического обслуживания и при проведении планово-предупредительного ремонта уделяется особое внимание.

Наиболее частыми неисправностями несущих элементов пассажирских вагонов являются коррозионные повреждения, а также наличие трещин в элементах рамы, изломов и прогибов балок.

Неисправности, как правило, возникают в результате длительной эксплуатации из-за деградиационного износа металла, нарушения при проведении маневровых

работ, а также несоблюдении технологического процесса ремонта вагона [6,7].

Следует отметить, что наиболее ответственными и подверженными коррозионным повреждениям в рамах вагонов являются узлы соединений хребтовой со шкворневыми и концевыми балками и в местах расположения упорных угольников и ударных розеток [2,3].

Трещины в балках рамы вагона можно обнаружить по скоплению в местах их образования валиков из пыли, ржавчины, а в зимнее время – инея.

При анализе интенсивности использования подвижного состава установлено, что несущие элементы пассажирских вагонов испытывают значительно меньшие нагрузки, чем грузовые, и если в пунктах оборота и формирования выявляются дефекты в несущих элементах, то они устраняются в специализированных ремонтных цехах пассажирских вагонных депо [1,2,5].

## **Материалы, модели, эксперименты и методы**

В период с 2010 по 2020 годы из-за неисправности хребтовых балок забраковано 242 вагона. Наибольшее количество неисправностей выявлено в плацкартных вагонах моделей 61-821, 61-826, 61-425 построенных в 1987 (28 вагонов), 1988 (15 вагонов) и 1989 (21 вагон) годах.

Из общего количества забракованных вагонов по неисправности коррозионного износа составило 150 вагонов, локальному повреждению 37 и нарушений, связанных с выполнением технологических операций при ремонте – 32.

В результате обследования пассажирских вагонов установлено, что

основные выявленные в несущих элементах дефекты – это коррозионные износы, приведшие к разрушению структуры основного металла (хребтовой, шкворневой, концевой и промежуточных балок). Они выявлены преимущественно в несущих конструкциях вагонов моделей 61-826, 61-821 и 61-425 построенных в 1987–1995 гг.

Именно коррозионное воздействие на силовой каркас пассажирского вагона влияет на прочность самой конструкции вагона в целом. Данные коррозионные воздействия напрямую влияют на прочность несущих конструкций вагона при возникновении внештатной или

аварийной ситуации, которые являются основными элементами поглощения энергии соударения.

В целях изучения влияния внешнего и коррозионного воздействия на несущие элементы кузова вагона проведено металлографическое исследование элементов хребтовых балок, вырезанных из вагонов, выработавших нормативный срок службы [4,7,9].

В результате проведенного металлографического исследования обнаружено наличие коррозионных отложений в зонах с отсутствующим лакокрасочным покры-

тием (рис. 1–3). Максимальное коррозирование обнаружено в образце 3 (элемент хребтовой балки вагона модели 61-425, 1980 года изготовления) с максимальной глубиной коррозионных язв 145 мкм, минимальные – в образце 1 (элемент хребтовой балки вагона модели 61-828, 1992 года изготовления) с максимальной глубиной коррозионных язв 80 мкм. В образце 2 (элемент хребтовой балки вагона модели 61-828, 1992 года изготовления) максимальная глубина коррозионных язв оценена в 105 мкм.

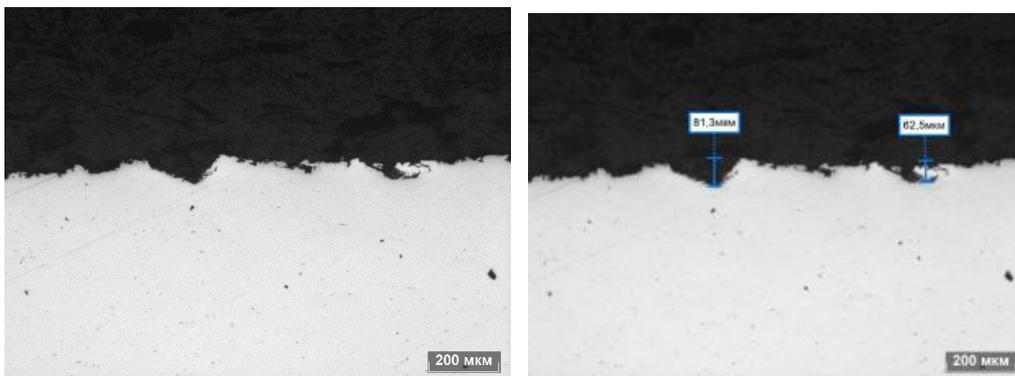


Рис. 1. Микроструктура образца 1  
*Fig. 1. Microstructure of sample 1*

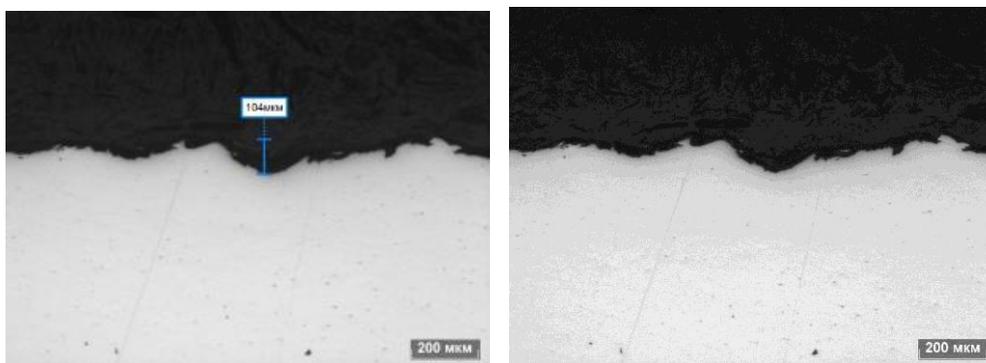


Рис. 2. Микроструктура образца 2  
*Fig. 2. Microstructure of sample 2*

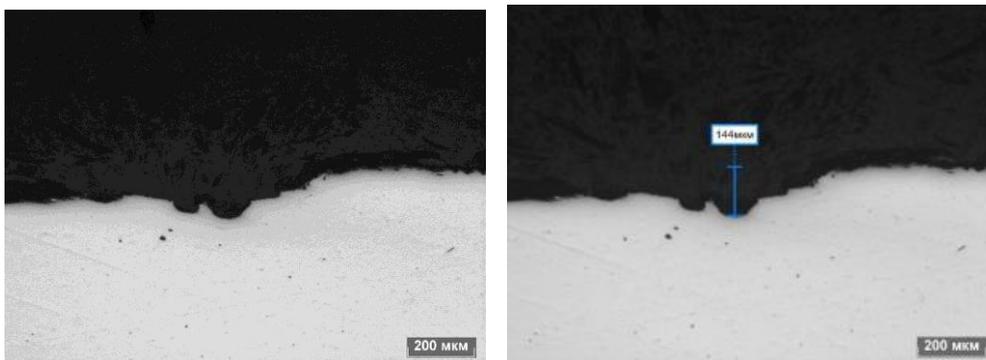
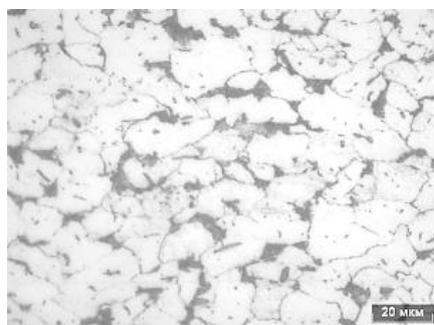
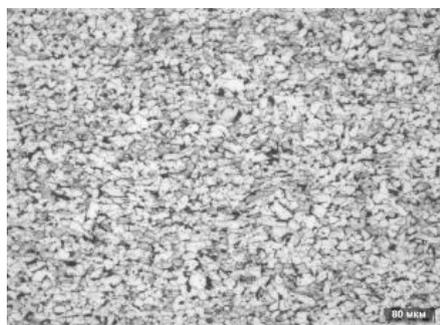


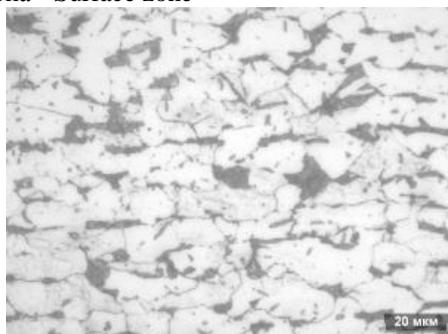
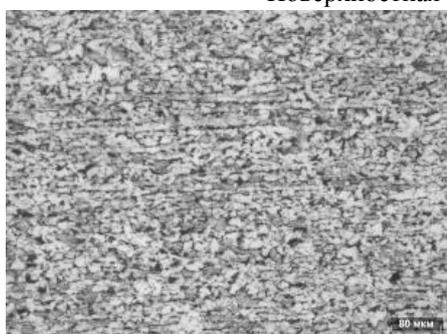
Рис. 3. Микроструктура образца 3  
*Fig. 3. Microstructure of sample 3*

Микроструктура исследованных образцов представляет собой феррит + пластинчатый перлит (рис. 4–6). Следует отметить, что в центральной части образцов

выявляется выраженная феррито-перлитная полосчатость, в приповерхностной области полосчатость не выявляется.

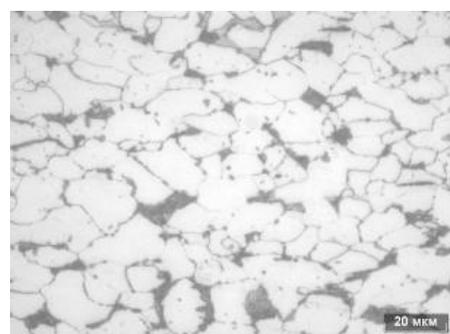
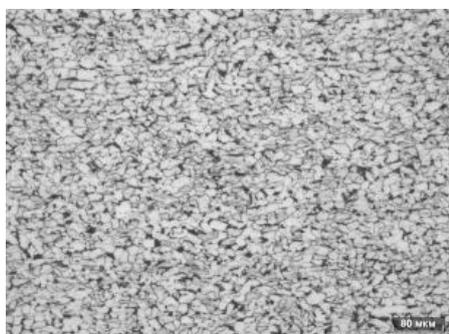


Поверхностная зона - Surface zone

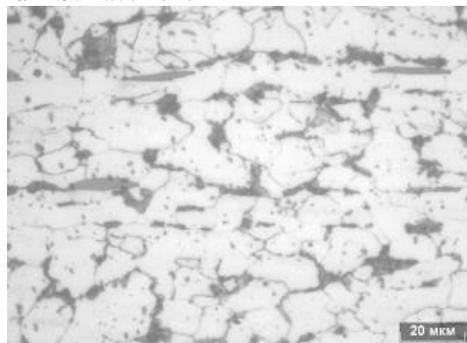
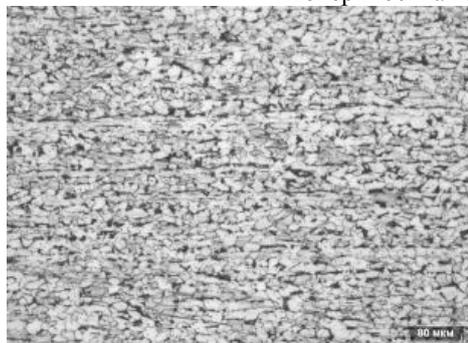


Центральная зона - Central zone

Рис. 4. Коррозионные язвы на поверхности образца 1 при микроструктурном анализе  
*Fig. 4. Corrosion pits on the surface of sample 1 during microstructural analysis*



Поверхностная зона - Surface zone



Центральная зона - Central zone

Рис. 5. Коррозионные язвы на поверхности образца 2 при микроструктурном анализе  
*Fig. 5. Corrosion pits on the surface of sample 2 during microstructural analysis*

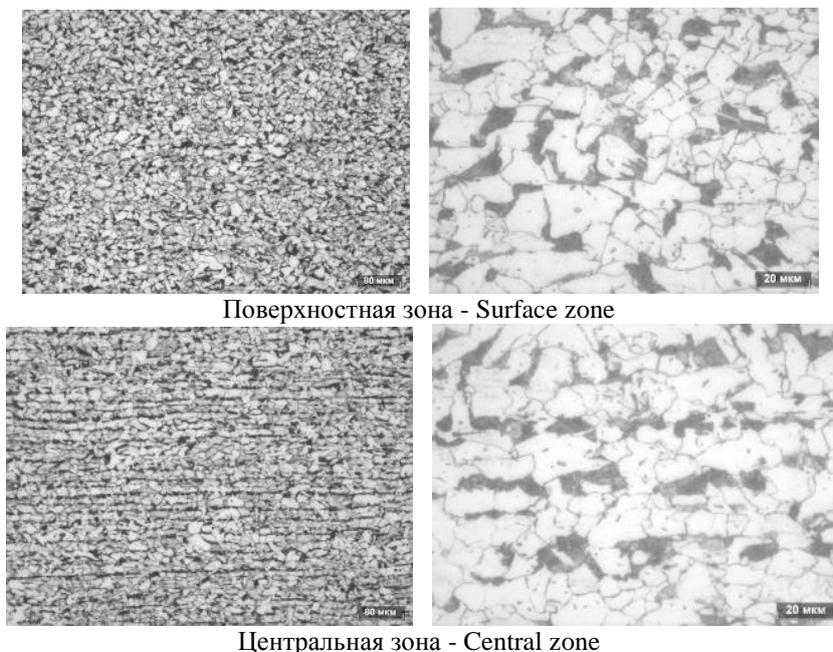


Рис. 6. Коррозионные язвы на поверхности образца 3 при микроструктурном анализе  
*Fig. 6. Corrosion pits on the surface of sample 3 during microstructural analysis*

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что влияние коррозионного воздействия на основные несущие элементы подвижного состава увеличивается в зависимости от срока эксплуатации вагона [4, 9].

Для снижения коррозионного воздействия, а также воздействия факторов, связанных с влиянием окружающей среды, воздействия агрессивных моющих средств, температурных режимов, попадание щебня на экипажную часть вагона [8], а также других не менее значимых факторов произведено экспериментальное окрашивание вагона модели 61-4179 в условиях дробеструйно-окрасочного комплекса, где поставлены следующие задачи:

– определить качество подготовки вагона к окраске после проведения ремонта на вагоноремонтном предприятии;

– провести сравнение качества очистки элементов хребтовой балки дробеструйным и механическим методами;

– провести определение и сравнение твердости и шероховатости поверхности хребтовой балки вагона после механической и дробеструйной очистки;

– провести сравнение качества нанесения лакокрасочного покрытия на участки хребтовой балки при проведении эксперимента.

При поступлении вагона на окрасочную позицию дробеструйно-окрасочного комплекса установлено, что лакокрасочное покрытие подвагонного оборудования, рамы и несущих конструкций от ранее нанесенного лакокрасочного покрытия не очищено (рис. 7).

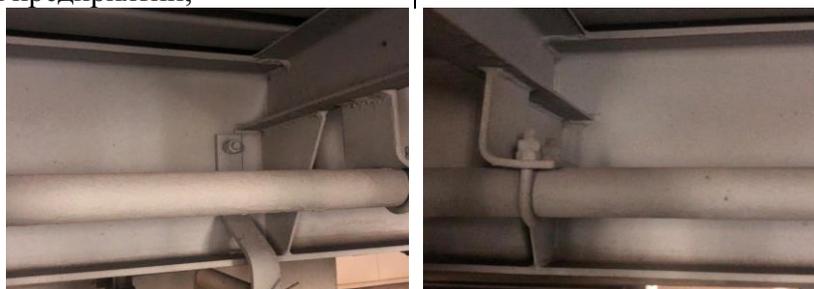


Рис. 7. Состояние хребтовой балки пассажирского вагона модели 61-4179 при поступлении в окрасочный комплекс

*Fig. 7. Condition of the backbone of the passenger car model 61-4179 upon entering the painting complex*

После постановки вагона на позицию дробеструйной обработки кузова вагона проведены работы по очистке участков хребтовой балки с левой и правой сторон вагона от ранее нанесённого лакокрасочного покрытия (рис. 8), при этом зоны 1 и

2 участки хребтовой балки от ранее нанесенного лакокрасочного покрытия очищены методом дробеструйной обработки, зона 3 хребтовой балки очистка проведена механическим методом.

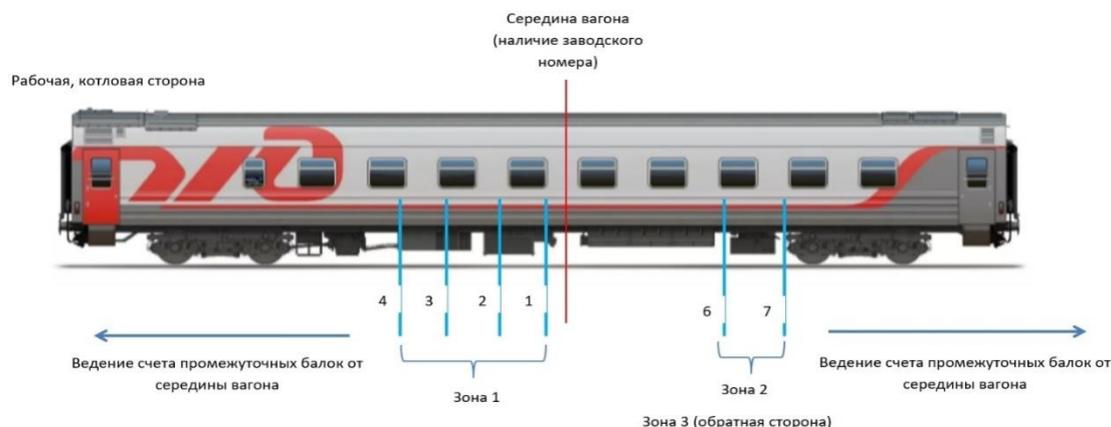


Рис. 8. Схематическое расположение мест очистки хребтовой балки  
 Fig. 8. Schematic arrangement of the cleaning points of the backbone beam

При проведении дробеструйной обработки участков зон 1 (1850x300 мм) и 2 (1300x300 мм) установлено, что лакокрасочное покрытие полностью удалено с поверхности металла, включая сварные соединения, поверхность после обработки гладкая, матовая (рис. 8).

Время, затраченное на проведение дробеструйной обработки зоны 1, составило 14 мин (660 мм<sup>2</sup>/с).

При проведении очистки механическим способом участка зоны 3 (400x300

мм) установлено, что в районе сварных швов добиться полного, а также равномерного удаления лакокрасочного покрытия не удалось из-за отсутствия свободного доступа очистительной машинки, при очистке поверхности от ранее нанесенного лакокрасочного покрытия также происходит утонение металла (рис. 8).

Время, затраченное на проведение механической обработки зоны 3, составило 45 мин (44 мм<sup>2</sup>/с).



Зона 1 после дробеструйной обработки  
 Zone 1 after shot blasting



Зона 3 после механической очистки  
 Zone 3 after mechanical cleaning

Рис. 9. Состояние элементов хребтовой балки после обработки механическим и дробеструйным способами

Fig. 9. Condition of the backbone elements after mechanical and shot blasting

По результатам очистки зон 1, 2, 3 от ранее нанесенного лакокрасочного покры-

тия установлено, что твердость металла после проведения дробеструйной очистки

составила 160 НВ, шероховатость поверхности 38 мкм, после механической обработки твердость составила 153 НВ, шероховатость 11 мкм.

После проведения подготовленных работ проведено окрашивание хребтовой балки вагона модели 61-4179 в 4-х зонах (рис. 10).

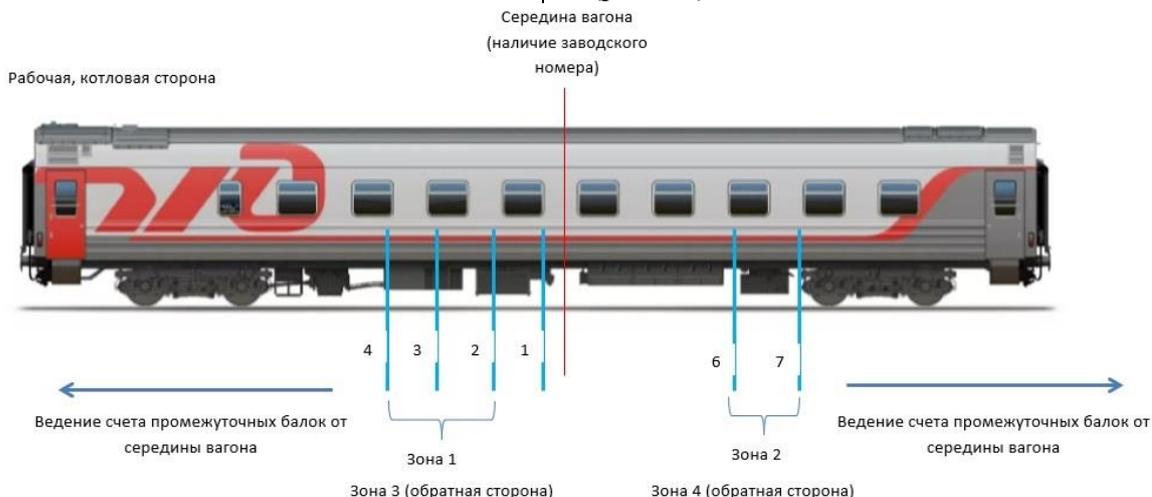


Рис. 10. Участки нанесения лакокрасочного покрытия на хребтовую балку вагона модели 61-4179  
 Fig. 10. Areas for applying paint and varnish coating to the center beam of the car model 61-4179

При проведении эксперимента на четыре зоны хребтовой балки вагона нанесены лакокрасочные покрытия (рис. 11) следующим образом:

На зону 1 нанесено резиновое водоразбавляемое лакокрасочное покрытие на металл, очищенный дробеструйным методом в три слоя (в соответствии с рекомендациями изготовителя лакокрасочной продукции).

На зону 2 нанесено резиновое водоразбавляемое лакокрасочное покрытие на металл, очищенный дробеструйным мето-

дом в два слоя (в соответствии с требованиями ГОСТ 54893-2012).

На зону 3 нанесено резиновое водоразбавляемое лакокрасочное покрытие на ранее окрашенную поверхность (влияние нанесение резиновой водоразбавляемой краски на ранее нанесенное грунт-эмалевое покрытие).

На зону 4 нанесено грунт-эмалевое лакокрасочное покрытие на ранее окрашенную поверхность в два слоя (произведена окраска участка хребтовой балки в соответствии с существующей нормативной документацией).



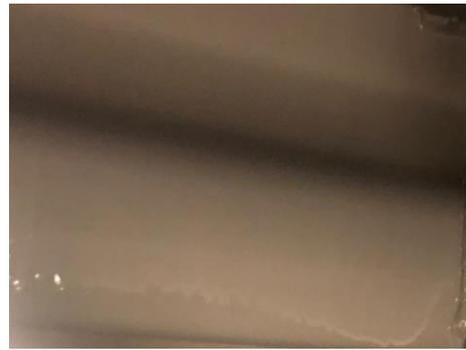
Окрашенная зона 1 - Painted area 1



Окрашенная зона 2 - Painted area 2



Окрашенная зона 3 - Painted area 3



Окрашенная зона 4 - Painted area 4

Рис. 11. Состояние лакокрасочного покрытия на нанесенные зоны  
*Fig. 11. Condition of paintwork on applied areas*

## Результаты

В результате проведенного окрашивания хребтовой балки пассажирского вагона можно сделать следующие выводы:

- В результате дробеструйной обработки образцов и участков хребтовой балки сформировалась однородная среда с полным удалением ранее нанесенного лакокрасочного покрытия и коррозии;

- Разработанный метод подготовки хребтовой балки с последующей дробеструйной обработкой и нанесением лакокрасочного покрытия позволяет снизить воздействия внешних факторов образования и развития коррозии;

- Изменение твердости металла после проведения дробеструйной обработки незначительное в сравнении с механической;

- Процесс дробеструйной очистки хребтовой балки в 15 раз быстрее, чем механический;

- Механическое воздействие на хребтовую балку не позволяет произвести полное удаление ранее нанесенного лакокрасочного покрытия, а также приводит к его утонению толщины металла при механической обработке;

**Обсуждение/Заключение** Разработанная технология может использоваться в пассажирских вагонных депо, а также на вагоноремонтных заводах при проведении капитального ремонта без значительных инвестиционных и эксплуатационных затрат [5].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
2. ГОСТ Р 55182-2012 Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. М.: Стандартиформ, 2019. 24 с;
3. Положение о продлении срока службы пассажирских вагонов, курсирующих в международном сообщении. М.: ОАО «ВНИИЖТ», 2014. — 24 с;
4. Петров Л.Н. Коррозия под напряжением: монография. Киев.: Вища шк., 1986. 141 с.
5. Евсеев Д.Г., Куликов М.Ю., Шинкарук А.С., Ларионов М.А. Способ увеличения продолжительности жизненного цикла пассажирского плацкартного вагона. Вестник Брянского госу-

дарственного технического университета. 2021;6(103); 47–52.

6. Вагоны пассажирские. Руководство по капитально-восстановительному ремонту (КВР) 046 ПКБ ЦЛ 2007РК.Вагоны пассажирские цельнометаллические. Руководство по капитальному ремонту (КР-2), ЛВ1.0030 РК.
7. Кеше Г. Коррозия металлов. М.: Металлургия, 1984. 400 с.
8. Ермаков В.М. Разработка системы подбора лакокрасочного покрытия пассажирских вагонов, с целью повышения их эксплуатационной надежности. М., 2007. 127 с.
9. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1974. 472 с.

1. Bolotin VV. Forecasting the resource of machines and structures. Moscow: Mashinostroenie; 1984.

2. GOST R 55182-2012 Passenger cars of locomotive traction: general technical requirements. Moscow: Standartinform; 2019.

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Regulations on extending the service life of passenger cars in international traffic. Moscow: OAO "VNIIZHT"; 2014.</li> <li>4. Petrov LN. Corrosion under stress: monograph. Kiev: Vishcha Shkola; 1986.</li> <li>5. Evseev DG, Kulikov MYu, Shinkaruk AS, Larionov MA. Method for passenger reserved seat car life increase. Bulletin of Bryansk State Technical University. 2021;6(103); 47-52.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Passenger cars. Overhaul manual 046 ПКБ ЦИ 2007 ПК. Passenger cars are all-metal. Overhaul manual, ЛБ1.0030 ПК.</li> <li>7. Keshe G. Corrosion of metals. Moscow: Metallurgiya; 1984.</li> <li>8. Ermakov VM. Development of a system for paint coating selection of passenger cars in order to improve their operational reliability. Moscow; 2007.</li> <li>9. Zhuk NP. Theoretical course of metal corrosion and protection. Moscow: Metallurgiya; 1974.</li> </ol> |
|--|--|

**Информация об авторах:**

**Шинкарук Андрей Сергеевич**, соискатель ученой степени, кандидат технических наук, инженер-

механик, 107078, г. Москва, улица Маши Порываевой, д. 34., e-mail: Shinkarukas@mail.ru.

**Shinkaruk Andrey Sergeevich**, Applicant for a degree, Candidate of Technical Sciences, Mechanical

engineer, 34, Masha Porivaeva Street, 107078, Moscow., e-mail: Shinkarukas@mail.ru.

**Статья опубликована в режиме Open Access.  
Article published in Open Access mode.**

**Статья поступила в редакцию 20.12.2021; одобрена после рецензирования 29.12.2022; принята к публикации 21.03.2022. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».**

**The article was submitted to the editorial office on 20.12.2021; approved after review on 29.12.2022; accepted for publication on 21.03.2022. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Director of the Educational and Scientific Institute of Transport at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Board of the journal *Transport Engineering*.**