

Научная статья

УДК 629.3.083: [629.4.023.14+629.341]

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-108-118>

EDN: FYUUWV



ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КУЗОВОВ АВТОБУСОВ

А.Н. Мельников ✉, **С.В. Горбачев**, **Е.Г. Кеян**, **Р.С. Фаскиев**

Оренбургский государственный университет,

г. Оренбург, Россия

✉ mlnikov@rambler.ru,

✉ ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Цель работы – исследование причин коррозионного разрушения кузовов автобусов предприятия. В процессе работы было выявлено, что основными причинами интенсивного коррозионного разрушения кузовов автобусов является недостаточно высокая антикоррозионная стойкость металлов, которые используются при изготовлении каркаса кузова. Основными местами возникновения очагов коррозии кузова считаются: колесные арки; задняя и нижняя части автобуса, в большей степени подверженные влиянию неблагоприятных дорожных условий; верхние и нижние части оконных проёмов при нарушении герметичности уплотнения. В ходе исследования были получены исходные данные для определения условий и факторов, способствующих интенсивному коррозионному повреждению кузовов автобусов, определена сфера исследований, направленных на снижение интенсивности коррозионного изнашивания кузовов транспортных средств предприятия.

Материалы и методы. Использованы результаты наблюдений за изменением технического состояния кузовов автобусов, параметров условий их технического обслуживания, представлены методы априорного ранжирования факторов и классификации. Дано описание результатов и рекомендаций по технической эксплуатации кузовов автобусов.

Результаты. В качестве промежуточных результатов проводимого исследования получены данные о влиянии технического состояния кузовов автобусов на показатели технической эксплуатации, позволяющие обосновать режимы технического обслуживания и хранения автотранспортных средств. Полученные данные позволяют провести моделирование процессов, влияющих на техническое состояние кузовов автобусов, что является основой для разработки оптимизационных мероприятий.

Обсуждение. Отмечено, что подход, реализуемый при проведении исследования, позволяет установить комплекс факторов, влияющих на техническое состояние кузовов автобусов, определить последствия преждевременного достижения элементами несущей конструкции предельного состояния.

Заключение. В качестве обобщающего вывода отмечено, что практическая реализация разработанной методики обеспечивает разработку и внедрение в практическую деятельность предприятий автомобильного транспорта обоснованных мероприятий по увеличению их долговечности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коррозия, кузов автобуса, причины коррозии, защита кузова автобуса, процессы коррозии и их последствия для кузова автобуса, ремонт и восстановление коррозионных кузовов автобусов, экономический ущерб от коррозии кузовов

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы выражают благодарность руководству и техническому персоналу акционерного общества «Автоколонна № 1825» в лице главного инженера Тюняева Игоря Владимировича, анонимным рецензентам за их помощь, советы, рекомендации, ценные замечания и критику.

Статья поступила в редакцию 20.12.2023; одобрена после рецензирования 30.01.2024; принята к публикации 20.02.2024.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Мельников А.Н., Горбачев С.В., Кеян Е.Г., Фаскиев Р.С. Влияние факторов технической эксплуатации на долговечность кузовов автобусов // Вестник СибАДИ. 2024. Т. 21, № 1. С. 108-118.

© Мельников А.Н., Горбачев С.В., Кеян Е.Г., Фаскиев Р.С., 2024



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

<https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-108-118>

Origin article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-108-118>

EDN: FYUUVV

TECHNICAL OPERATION FACTORS INFLUENCE ON BUS BODY DURABILITY

Aleksey N. Melnikov ✉, Sergey V. Gorbachev, Ervand G. Keyan, Rif S. Faskiev

Orenburg State University,
Orenburg, Russian

✉ mlnikov@rambler.ru,

✉ corresponding author

ABSTRACT

Introduction. The purpose of the work is to study the causes of corrosion destruction of bus bodies of the enterprise. In the course of work, it was revealed that the main causes of intensive corrosion destruction of bus bodies are insufficiently high corrosion resistance of metals used in the manufacture of the body frame. The main places of occurrence of foci of corrosion of the body are: wheel arches; rear and lower parts of the bus, which are more susceptible to adverse road conditions; the upper and lower parts of the window openings in case of violation of the tightness of the seal. In the course of the study, initial data were obtained to determine the conditions and factors determining condensation on the cooled surfaces of bus bodies entering the indoor parking area; a set of organizational and technical measures aimed at reducing the intensity of corrosion wear of the company's vehicle bodies was developed.

Materials and methods. The results of observations of changes in the technical condition of bus bodies, parameters of their maintenance conditions were used, methods of a priori ranking of factors and classification were used. The results and recommendations on the technical operation of bus bodies are described.

Results. As intermediate results of the conducted research, the data on the influence of the technical condition of bus bodies on the indicators of technical operation were obtained, which make it possible to justify the modes of maintenance and storage of motor vehicles. The data obtained make it possible to simulate the processes affecting the technical condition of bus bodies, which is the basis for the development of optimization measures.

Discussion. It is noted that the approach implemented during the study enables to establish a set of factors affecting the technical condition of bus bodies, and to determine the consequences of premature achievement of the limit state by the elements of the load-bearing structure.

Conclusion. As a generalizing conclusion, it is noted that the practical implementation of the developed methodology ensures the development and implementation of sound measures to increase their durability in the practical activities of road transport enterprises.

KEYWORDS: corrosion, bus body, causes of corrosion, protection of the bus body, corrosion processes and their consequences for the bus body, repair and restoration of corrosive bus bodies, economic damage from corrosion of bodies

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS: The authors express their gratitude to the management and technical staff of AO Avtokolonna No. 1825 represented by Igor V. Tyunyaev, the chief engineer, anonymous reviewers for their help, advice, recommendations, valuable comments and criticism.

The article was submitted 20.12.2023; approved after reviewing 30.01.2024; accepted for publication 20.02.2024.

All author has read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the author has no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Melnikov A.N., Gorbachev S.V., Keyan E.G., Faskiev R.S. Technical operation factors influence on bus body durability. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2024; 21 (1): 108-118. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-108-118>

© Melnikov A.N., Gorbachev S.V., Keyan E.G., Faskiev R.S., 2024



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Автобусы являются одним из основных видов общественного транспорта во многих городах и странах. С ростом населения и развитием инфраструктуры возрастает и спрос на автобусные перевозки, что делает вопрос эффективной эксплуатации автобусных кузовов все более актуальным. Эффективное использование автобусных кузовов позволяет сократить расходы на их ремонт и обслуживание, а также увеличить срок службы транспорта. Это, в свою очередь, снижает общую стоимость владения автобусами для транспортных компаний и городов.

Таким образом, вопросы повышения эффективности эксплуатации автобусных кузовов имеют большое значение для обеспечения надежности и безопасности пассажирских перевозок, сокращения затрат на их эксплуатацию, а также улучшения экологической ситуации в городских районах.

Вопросам исследования надежности, в том числе коррозионной стойкости кузовов автобусов, посвящен ряд исследований. В работах [1, 2] рассмотрены вопросы обеспечения надежности кузовов автобусов на этапах проектирования и производства. В трудах^{1, 2} [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] представлены результаты исследований процессов коррозии автомобильных кузовов. В этих исследованиях установлены факторы, влияющие на процессы образования коррозии при эксплуатации автомобилей, дана характеристика методам защиты от коррозии на различных этапах жизненного цикла автотранспортных средств.

Труды [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21] рассматривают влияние уровня организации технической эксплуатации автомобиля, в частности организации хранения автомобилей, на показатели надежности кузовов автобусов.

Содержание результатов представленных исследований позволило сформулировать требования к системе обеспечения ресурса кузовов автобусов, учитывающей влияние конструктивных, производственных и эксплуатационных факторов. Решение поставленной за-

дачи основано на применении уже известных подходов к обеспечению надежности кузовов автобусов, а также на основе установления дополнительных параметров, оказывающих существенное влияние на технико-экономические показатели эксплуатации автобусов.

Анализ содержания рассмотренных научных работ позволил выявить факторы, не нашедшие достаточного отражения при формировании системы технического обслуживания и ремонта кузовов автобусов. Большинство исследователей отмечены вопросы предотвращения коррозии конструктивными методами – использованием коррозионностойких материалов кузова, а также разнообразных защитных покрытий на этапе изготовления автомобиля. Ряд исследований посвящен дополнительным мерам по обработке автомобилей антикоррозионными составами перед началом или в процессе эксплуатации. При этом не нашли достаточного отражения вопросы обеспечения надежности кузовов автобусов, учитывающие взаимосвязь конструктивных, технологических, эксплуатационных и организационных факторов. Реализация обозначенного подхода требует разработки соответствующего методического обеспечения.

Цель работы – исследование причин коррозионного разрушения кузовов автобусов предприятия. Предмет исследования – процессы изменения технического состояния кузовов автобусов.

Для достижения поставленной цели необходимо решение ряда задач:

- провести литературный обзор в области, определяемой тематикой исследования;
- разработать методику оценки надежности кузовов парка транспортных средств автотранспортного предприятия в конкретных условиях эксплуатации;
- сформировать массив данных, необходимых для практической реализации разработанных методов;
- разработать практические рекомендации по вопросам технической эксплуатации автобусов.

¹ Эксплуатация транспортных средств в условиях повышенной агрессивности окружающей среды / А. А. Абакаров, Ш. М. Игитов, А. А. Абакаров, М. О. Омаров // Приоритеты развития автотранспортного и дорожного комплекса: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Махачкала, 20–22 мая 2021 года. Москва: Издательство «Перо», 2021. С. 136–143. EDN OMSWZI.

² Закономерности коррозионных повреждений кузовов пассажирских автотранспортных средств / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников, А. В. Косарева, А. С. Обельцев // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 5-й Международной научно-практической конференции, Орёл, 22–23 мая 2019 года / Под общей редакцией А. Н. Новикова. Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2020. С. 335–343. EDNBYILUK.

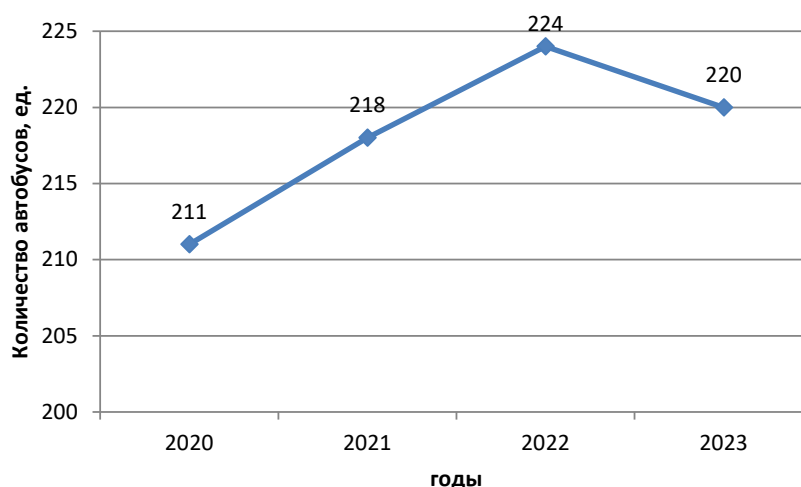


Рисунок 1 – Динамика парка автобусов в АО «Автоколонна № 1825» г. Оренбурга
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Dynamics of the bus fleet in AO Avtocolonna №1825 of the city of Orenburg
Source: compiled by the author.

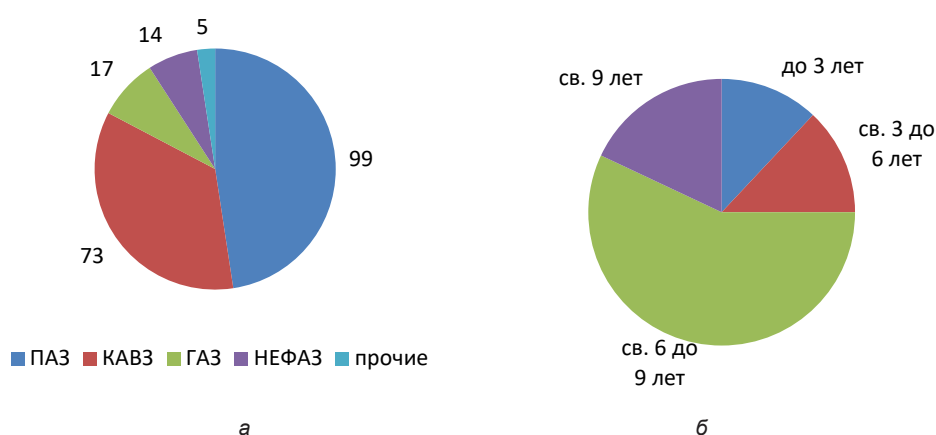


Рисунок 2 – Марочная и возрастная структура парка автобусов в АО «Автоколонна № 1825»:
а – марочная структура парка автобусов, ед.;
б – возрастная структура парка автобусов, %
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Brand and age structure of the bus fleet in AO Avtocolonna No. 1825
a) brand structure of the bus fleet, units;
b) age structure of the bus fleet, %
Source: compiled by the author.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Актуальность темы исследования обусловлена проблемами, возникшими при эксплуатации автобусов в АО «Автоколонна № 1825» г. Оренбурга. Предприятие осуществляет заказные автобусные перевозки. Динамика парка автобусов представлена на рисунке 1.

На рисунке 2 представлена марочная и возрастная структура парка автобусов.

Проблемы эксплуатации связаны с ростом затрат на капитальный ремонт автобусов, вы-

званный коррозией их кузовов. На рисунке 3 показана динамика простоев в капитальном ремонте (рис. 3, а), а также затрат на капитальный ремонт автобусов по причине коррозии их кузовов (рис. 3, б).

Предприятие несет значительные расходы денежных средств на капитальный ремонт кузовов автобусов, при выполнении данных работ на собственной производственно-технической базе или по кооперации со сторонними организациями.

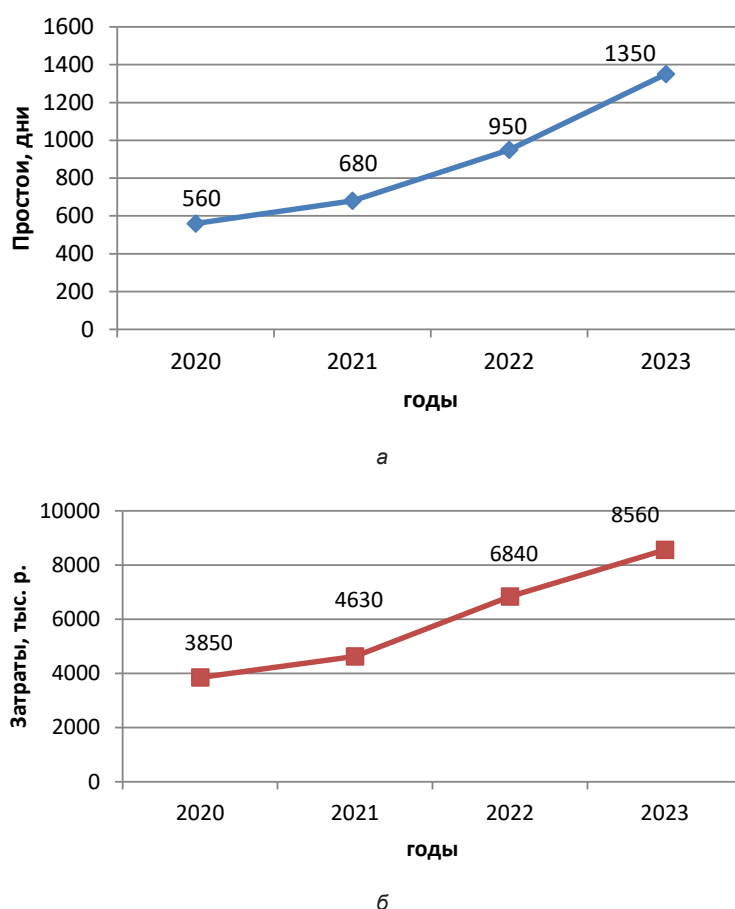


Рисунок 3 – Динамика простоев в капитальном ремонте (а), а также затрат на капитальный ремонт автобусов по причине коррозии их кузовов (б)
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Dynamics of downtime in overhaul (a), as well as costs for overhaul of buses due to corrosion of their bodies (b)
Source: compiled by the author.

Простои автобусов при выполнении капитального ремонта кузовов ведут к снижению коэффициентов технической готовности и выпуска и, как следствие, увеличению эксплуатационных затрат.

При проведении исследования факторов, влияющих на скорость коррозионных процессов, использованы методы наблюдения, анализа и синтеза, априорного ранжирования факторов.

В качестве гипотезы выдвинуто условие минимума суммарных затрат Z_{Σ} на обеспечение ресурса кузовов автобусов:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\kappa} + Z_{TO} + Z_x + Z_{KP} \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$Z_{\Sigma} \leq [Z], T_{KP_{сов}} > T_{KP}$$

где Z_{κ} – затраты на обеспечение ресурса кузовов автобусов конструктивными методами, руб.;

Z_{TO} – затраты на обеспечение ресурса кузовов автобусов методами технического обслуживания, руб.;

Z_x – затраты на обеспечение ресурса кузовов автобусов методами хранения подвижного состава, руб.;

Z_{KP} – затраты на обеспечение ресурса кузовов автобусов методами капитального ремонта, руб.;

$[Z]$ – допустимые затраты на обеспечение ресурса кузовов автобусов, руб.

$T_{KP_{сов}}$ – ресурс кузовов автобусов при использовании усовершенствованного метода обеспечения их работоспособности, лет;

T_{KP} – ресурс кузовов автобусов при использовании существующей системы обеспечения их работоспособности, лет.

Таким образом, сформулированы условия для всестороннего анализа причин коррозионного разрушения кузовов автобусов предприятия, исследования влияния технологий

ежедневного и технического обслуживания, а также условий хранения в межсменное время подвижного состава на скорость коррозионного разрушения для разработки комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на снижение интенсивности коррозионного изнашивания, и тем самым обеспечения большего ресурса кузовов транспортных средств.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При проведении исследования установлены особенности конструкции автобусов и условия их эксплуатации, технического обслуживания и хранения.

Кузова автобусов ПАЗ, КАВЗ, НЕФАЗ вагонного типа представляют собой несущую цельнометаллическую сварную конструкцию, состоящую из каркаса, наружной и внутренней облицовок, пола, окон, дверей, сидений, кабины водителя и специального оборудования.

Каркас кузова состоит из основания, левой и правой боковин, передней и задней частей кузова, а также крыши. Элементы каркаса кузова выполнены из стальных труб прямоугольного сечения. Каркас основания имеет восемь основных поперечин и четыре дополнительные поперечины, связанные между собой продольными фермами основания и лонжеронами.

Элементы основания изготовлены из труб размером 140×60×3 мм и соединены между собой электродуговой сваркой. Конструкция каркаса основания выполнена из крупногабаритных замкнутых профилей, что позволяет повысить его жесткость. Для крепления агрегатов к лонжеронам с внутренней стороны приварены специальные кронштейны. Под каркасом основания между фермами основания и лонжеронами к поперечинам снизу прикреплен профиль канала, в котором помещена электропроводка. Для монтажа пневматических баллонов на фермах основания установлены дополнительные поперечины. Передние и задние упоры пневматических баллонов задней подвески также приварены к поперечинам. К местам соединения продольных и поперечных элементов приварены кронштейны крепления передних и задних рессор.

К каркасу основания приварены каркасы правой и левой боковин. Каркасы боковин состоят из семи стоек, соединенных пятью продольными элементами. Дверные и оконные стойки выполнены из прямоугольных труб размерами 80×40×3 мм, остальные стойки – из труб размерами 40×40×2,5 мм и 40×25×1,5 мм. Дверные стойки имеют усилители коробчатого

сечения. Каркас передней части кузова состоит из двух нижних стоек, опущенных от подоконного бруса, и одной верхней стойки между надоконным и подоконным брусками. Два верхних бруса образуют проемы ветровых окон.

Каркас задней части образован тремя поперечными дугами, связанными продольными стойками. Каркас крыши состоит из четырех продольных элементов и семи поперечных. Поперечные элементы крыши замыкаются шпангоутами. Все элементы каркаса крыши выполнены из труб размером 40×28×1,5 мм.

Пол автобуса изготовлен из бакелизированной фанеры толщиной 12 мм и прикреплен к элементам каркаса основания заклепками. Для улучшения шумоизоляции под пол на стальной каркас наклеена листовая резина толщиной 1,6 мм. На пол настилается рифленый линолеум из шестимиллиметрового поливинилхлорида, который закрепляется оконцовочными профилями. Колесные кожуха выполнены из листовой стали толщиной 1,2...3 мм, вертикальные панели кожухов – из стального листа толщиной 1,2 мм для переднего кожуха и 3 мм для заднего кожуха.

Горизонтальные панели подножек изготовлены из трехмиллиметрового дюралюминиевого листа, а остальные панели – из стального листа толщиной 1,2 мм. Для предохранения от коррозии стальные элементы каркаса основания покрыты специальной мастикой.

Наружная облицовка боковин выполнена из дюралюминиевого листа толщиной 1,8 мм. Нижний пояс боковин облицован оцинкованной сталью. Передняя, задняя часть и крыша кузова автобуса облицованы штампованными панелями из листовой стали толщиной 1 мм. Внутренние поверхности панелей облицовки грунтуются и покрываются слоем шумоизоляционной мастики. После сварки все стыки панелей крыши смазываются уплотнительной мастикой.

Моторный отсек автобуса отделен от пассажирского салона перегородкой, имеющей люк для доступа к двигателю. Перегородка состоит из каркаса, выполненного из стальных труб размерами 40×40×2 мм и 40×25×1,5 мм. К каркасу точечной сваркой приварены стальные панели толщиной 1,2 мм, на которые наносятся битумные и противозумные прокладки. Со стороны моторного отсека к стальным панелям прикреплены термо- и шумоизоляционные листы, на которые установлены перфорированные алюминиевые листы толщиной 0,8 мм. Со стороны пассажирского салона к стальным панелям приклеены листы текстильно-битумного полотна, которые за-

крываются металлическими панелями с приклеенным релином.

Количество дверей зависит от типа и назначения автобуса. На всех автобусах предусмотрено автоматическое открывание и закрывание дверей пассажирского салона кузова с пневматическим или вакуумным приводом.

Основные элементы кузовов отечественных автобусов изготовлены штамповкой из малоуглеродистой листовой стали и сварены при помощи контактной точечной электросварки.

Применение низкоуглеродистых сталей обусловлено их высокой технологичностью и относительно невысокой стоимостью.

Низкоуглеродистые стали по сравнению с другими сталями крайне пластичны. Их относительно удельное сопротивление на сжатие составляет 23–35% в зависимости от процента содержания углерода в составе: чем его больше, тем пластичность ниже.

Все марки низкоуглеродистых сталей имеют первую категорию свариваемости. Процесс сварки не требует сложных подготовительных операций: прогрева поверхности, обезжиривания и т.д. Сварной шов получается плотным, при работе на сжатие по прочности сравним с цельным металлом.

Низкоуглеродистая сталь не обладает повышенными прочностными характеристиками. Временное сопротивление на разрыв для нее колеблется в пределах 320–450 МПа. То же самое можно сказать относительно твердости. Без дополнительного упрочнения твердость стали составляет 22–23 ед. по шкале Роквелла.

При изготовлении автобусных кузовов чаще всего применяют низкоуглеродистые стали марок Ст. Автоматическую сварку низкоуглеродистых сталей выполняют электродной проволокой Св-08 или Св – 08А в сочетании с флюсами АН-348А или ОСЦ-45. Последующей термической обработки сварных соединений не требуется.

Отличительной особенностью низкоуглеродистых сталей является их невысокая коррозионная стойкость, что обуславливает необходимость реализации дополнительных мероприятий по антикоррозионной защите изделий, работающих в агрессивных средах.

К числу таких изделий относятся кузовные и рамные конструкции автотранспортных средств. Защита данных конструкций от коррозии обеспечивается комплексом мероприятий, реализуемых как на стадии производства, так и в процессе эксплуатации, что нашло своё отражение в содержании типовых технологических процессов ТО и ремонта автотранспортных средств.

Техническое обслуживание кузовов автобусов включает первое, второе техническое обслуживание и сезонное обслуживание.

Подвижной состав предприятия в осенне-зимний период эксплуатируется в дорожных условиях, которые характеризуются агрессивностью окружающей среды, применением солевых смесей для борьбы со снегом, гололедом на улицах и дорогах. Мойка автобусов выполняется по потребности для обеспечения надлежащего внешнего вида. Мойка крыши, днища и нижней части кузова автобуса для удаления льда, снега и солевых смесей не производится. Сушка кузова автобуса после мойки также не производится.

Хранение автобусов в межсезонное время в холодное время года осуществляется в закрытых отапливаемых помещениях.

Объем и содержание капитального или текущего ремонта кузова автобуса определяются характером неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации. К ним относятся трещины и коррозия на поверхности деталей и сварных соединений, износ деталей шарнирных соединений (например, петель дверей), нарушение герметичности сварных соединений и уплотнений дверей, окон, люков, а также неисправности оборудования и принадлежностей, установленных в кузове. По мере увеличения пробега автобусов с начала эксплуатации возрастает трудоемкость устранения неисправностей, поэтому особое значение приобретают работы по их предупреждению.

Хранение автобусов в межсезонное время в холодное время года осуществляется в закрытых отапливаемых помещениях.

В качестве критерия предельного состояния кузова автобуса принято наличие на нем сквозной коррозии.

На рисунке 4 представлены наиболее характерные места образования сквозной (щелевой)

При проведении исследования установлено, что основными местами возникновения очагов коррозии кузова являются: колесные арки; задняя и нижняя части автобуса, в большей степени подверженные влиянию неблагоприятных дорожных условий; верхние и нижние части оконных проёмов при нарушении герметичности уплотнения.

Коррозия возникает в зазорах и узких щелях кузовов автобусов, образующихся в соединениях деталей, заполняемых влагой. В узких щелях при попадании влаги возникают гальванические элементы, работающие за счет неравномерного доступа кислорода к различным участкам поверхности металла.

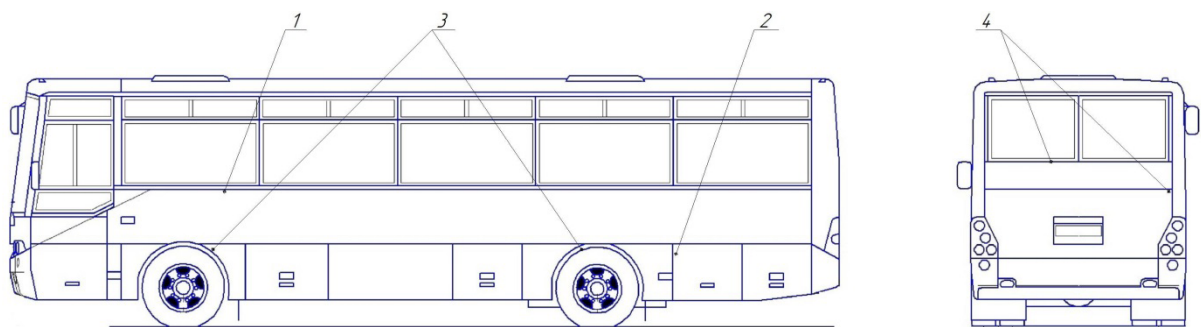


Рисунок 4 – Характерные места образования сквозной (щелевой) коррозии на кузове автобуса
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – Typical places of through (slit) corrosion on the bus body
Source: compiled by the author.

Таблица
Распределение мест на кузовах автобусов с щелевой коррозией
в зависимости от возраста транспортного средства
Источник: составлено авторами.

Table
Distribution of seats on the bodies of slotted corrosion buses depending on the age of the vehicle
Source: compiled by the author.

Номер точки	Количество транспортных средств с щелевой коррозией			
	до 3 лет	свыше 3 до 6 лет	свыше 6 до 9 лет	свыше 9 лет
1	0	1	6	15
2	0	2	8	12
3	1	4	12	18
4	0	2	7	14

В процессе эксплуатации автобусов количество щелей и зазоров резко возрастает в результате деформации кузова, неудовлетворительной сборки и старения прокладочных материалов. Коррозия в узких щелях протекает более интенсивно по сравнению с коррозией на открытых поверхностях вследствие большего времени действия на металл агрессивной среды.

В таблице представлено распределение мест на автобусных кузовах с щелевой коррозией в зависимости от возраста транспортного средства.

Таким образом, увеличение количества транспортных средств с коррозионными повреждениями существенно сказывается на технико-эксплуатационных показателях работы предприятия, что требует установления комплекса факторов, способствующих разви-

тию коррозионных повреждений, и разработки мероприятий по обеспечению ресурса кузовов автобусов.

Для установления наиболее значимых факторов, влияющих на ресурс автобусных кузовов, проведен опрос экспертов, которым в качестве наиболее важных факторов были предложены:

- X_1 – материал кузова автобуса;
- X_2 – качество заводского лакокрасочного покрытия;
- X_3 – наличие дополнительной защиты кузова от коррозии;
- X_4 – условия эксплуатации автобусов;
- X_5 – условия технического обслуживания кузовов;
- X_6 – условия хранения автобусов.

Результаты опроса экспертов обработаны по методике априорного ранжирования факторов.

На рисунке 5 представлена диаграмма рангов, отражающая степень влияния разных факторов на ресурс автобусных кузовов (по мнению экспертов).

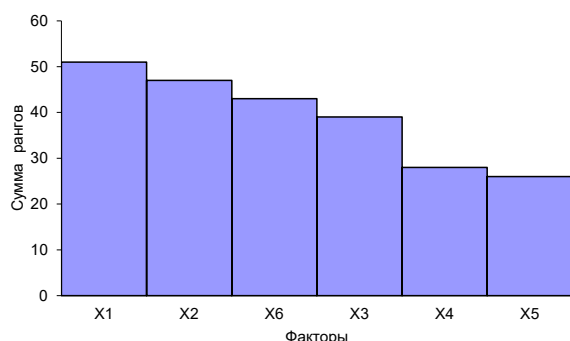


Рисунок 5 – Диаграмма рангов, отражающая степень влияния разных факторов на ресурс автобусных кузовов (по мнению экспертов)
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Chart of ranks reflecting the degree of influence of different factors on the life of bus bodies according to experts
Source: compiled by the author.

Результаты экспертной оценки свидетельствуют о недостаточно высокой антикоррозионной стойкости металлов, которые используются при изготовлении каркаса кузова, а также недостаточной эффективности защитных покрытий в долговечности кузовов.

Однако данные свойства закладываются на этапе производства и в дальнейшем эксплуатационном цикле могут только поддерживаться методами технического обслуживания, соответствующими условиям эксплуатации. Поэтому в соответствии с условиями формулы дальнейшие исследования будут направлены на установление причин интенсивного коррозионного разрушения кузовов автобусов, связанных с комплексом эксплуатационных факторов.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Городской пассажирский транспорт считается одной из важнейших систем, определяющих комфортность городской среды и качество жизни городского населения. Одним из важнейших элементов автобусов является их несущая система, определяющая ресурс транспортного средства. Выдвинутая на начальном этапе исследования гипотеза о возможности минимизации затрат на обеспечение ресурса кузовов автобусов нашла своё подтверждение в ходе выполнения литературного обзора и основе анализа результатов выполненной научной работы. В ходе изучения

известных научных работ выявлена недостаточная проработанность методов обеспечения коррозионной стойкости кузовов автобусов на этапе их эксплуатации.

Полученные при выполнении исследования результаты экспертного анализа позволяют сформировать программу исследований по установлению причин интенсивного коррозионного разрушения кузовов автобусов, что позволит разработать эффективные методы и средства обеспечения коррозионной стойкости кузовов в процессе эксплуатации, устранить факторы, способствующие образованию коррозии.

Очевидным направлением дальнейших исследований является установление комплекса факторов, способствующих образованию коррозионных повреждений элементов несущей системы автобусов, зависящих от способов и режимов их технического обслуживания и хранения, позволяющих сократить интенсивность образования коррозионных повреждений, и тем самым повысить эффективность эксплуатации транспортных средств предприятия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Orlov L.N. Rogov P.S. Tumasov A.V. Vashurin A.S. Increasing of the passive safety of the bus bodies constructions // Modern problems of science and education. 2014. № 3. P. 17-17.
2. Korta J., Uhl T. Multi-material design optimization of a bus body structure // Journal of KONES Powertrain and Transport. 2013. Vol. 20, No. 1. pp. 139-146.
3. Мещеринов Н. А. Методы защиты кузова автомобиля от коррозии / Н. А. Мещеринов, В. О. Нугаева // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2019. № 2(35). С. 159-162. EDN XWIKCV.
4. Суфиянов Р. Ш. К вопросу о коррозии кузовов легковых автомобилей // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 93-8. С. 23–26. DOI 10.18411/trnio-01-2023-387. EDN ATPSCB.
5. Шемякин А. В., Фадеев И. В., Успенский И. А. [и др.] Новый ингибитор коррозии в составе лакокрасочных покрытий кузовов автомобилей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2023. Т. 15, № 2. С. 168–175. DOI 10.36508/RSATU.2023.67.31.023. EDN HNSCSM.
6. Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П., Жильцов С. Н., Быченин А. П. Влияние ингибиторов коррозии на эффективность защиты элементов кузова автомобиля // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 29–36. EDN PKEBZF.
7. Фадеев И. В. Влияние компонентов дорожного загрязнения на влагопоглощение пленки противокоррозионного покрытия // Вестник Рязанского

государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2021. № 1(49). С. 177–183. DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.026. EDN QEXAHN.

8. Панасюгин А. С., Кулинич И. Л., Машерова Н. П., Цыганов А. Р., Курило И. И., Павловский Н. Д. Применение органических растворителей в окрасочных системах, используемых при высококачественной обработке кузовов автомобилей в период с 1998 по 2020 г. // *Литье и металлургия*. 2022;(1):96–105. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-96-105>.

9. Зорина И. О., Дорохин С. В. Увеличение ресурса кузова легкового автомобиля // *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*. 2016. Т. 3, № 1(4). С. 75–79. DOI 10.12737/18835. EDN XRKFOP.

10. Ovchinnikov N. A., Kalmikov B. Y., Stradanchenko S. G., Kozyreva E. A., Chefranova O. V. The engineering method of calculation of the remaining life of the bus body safe operation on the basis of estimation of its corrosion deterioration // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015. Vol. 10, № 22, pp. 10511–10522.

11. Ruban D., Krainyk L., Ruban H., Zakharova M., Burmistrov S., Khotunov V., Metelap V. Development of bus body technologies in terms of corrosion and durability // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 3. pp. 67–75.

12. Белов А. С. Организация хранения автотранспортных средств в автомобильном транспорте // *Автомобильный транспорт*. 2015. № 2 (84). С. 18–21.

13. Васильев С. В. Организация складирования автотранспорта: особенности и технологии // *Логистика и управление цепями поставок*. 2015. № 2 (19). С. 22–26.

14. Григорьев И. А. Организация и управление хранением автотранспортных средств на автостоянках // *Транспорт и хранение нефти и газа*. 2016. № 4 (31). С. 34–38.

15. Иванов И. В., Смирнов А. М. Организация хранения автотранспортных средств на автостоянках: проблемы и пути их решения // *Транспортное дело России*. 2014. № 2. С. 56–61.

16. Кондрашина О. М. Организация хранения автотранспорта на автопарках транспортных компаний // *Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета*. 2015. № 2 (16). С. 78–82.

17. Сергеев А. И. Организация и управление складами автотранспортных средств // *Логистика и управление цепями поставок*. 2017. № 3 (40). С. 48–52.

18. Страхов И. В. Организация хранения автотранспортных средств на автостоянках: особенности и технологии // *Грузовой транспорт*. 2016. № 6 (47). С. 32–37.

19. Тихонов А. А. Организация хранения автотранспорта на автостоянках: проблемы и пути их решения // *Транспортное дело России*. 2015. № 6 (49). С. 25–29.

20. Хорева Е. А. Организация хранения автотранспорта на автостоянках: проблемы и решения // *Логистика и управление цепями поставок*. 2014. № 4 (15). С. 26–30.

21. Чернышов И. В. Организация хранения автотранспорта на автостоянках: проблемы и пути их решения // *Транспортное дело России*. 2016. № 1 (54). С. 26–31.

REFERENCES

1. Orlov L.N., Rogov P.S., Tumasov A.V., Vashurin A.S. Increasing of the passive safety of the bus bodies constructions. *Modern problems of science and education*. 2014; 3:17–17.

2. Korta J., Uhl T. Multi-material design optimization of a bus body structure. *Journal of KONES Powertrain and Transport*. 2013; Vol. 20, No. 1: 139–146.

3. Meshherinov N. A., Nugaeva V. O. Methods of protection of the body of the car against corrosion. *Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve*. 2019; 2(35):159–162. EDN XWIKCV. (in Russ.)

4. Sufijanov R. Sh. To the question of corrosion of passenger car bodies. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2023; 93-8: 23–26. DOI 10.18411/trnio-01-2023-387. EDN ATPSCB. (in Russ.)

5. Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Sadetdinov SH.V. New corrosion inhibitor in the composition of paint and varnish coatings for car bodies. *Herald of ryazan state agrotechnological university Named after P.A. Kostychev*. 2023; T. 15, № 2: 168–175. DOI 10.36508/RSATU.2023.67.31.023. EDN HNCSM. (in Russ.)

6. Sazonov D. S., Erzamaev M. P., Zhil'cov S. N., Bychenin A. P. Effect of anti-corrosion inhibitors on protection performance of auto body elements. *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii*. 2020; 1: 29–36. EDN PKEBZF. (in Russ.)

7. Fadeev I. V. Influence of road pollution components for water absorption of anti-corrosive film. *Herald of ryazan state agrotechnological university Named after P.A. Kostychev*. 2021; 1(49): 177–183. DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.026. EDN QEXAHN. (in Russ.)

8. Panasyugin A.S., Kulnich I.L., Masherova N.P., Tsyganov A.R., Kurilo I.I., Pavlovskiy N.D. The usage of organic solvents in paint systems used in high-quality processing of car bodies in the period from 1998 to 2020 *Litiyo i Metallurgiya (FOUNDRY PRODUCTION AND METALLURGY)*. 2022;(1):96–105. (In Russ.) <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-96-105>

9. Zorina I. O., Dorohin S. V. Increased resource of car body. *Alternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovaniya*. 2016; T. 3, no 1(4): 75–79. DOI 10.12737/18835. EDN XRKFOP. (In Russ.)

10. Ovchinnikov N. A., Kalmikov B. Y., Stradanchenko S. G., Kozyreva E. A., Chefranova O. V. The engineering method of calculation of the remaining life of the bus body safe operation on the basis of estimation of its corrosion deterioration. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015; Vol. 10, no 22: 10511–10522.

11. Ruban D., Kraynyk L., Ruban H., Zakharova M. Burmistrov S. Khotunov V., Metelap V. Development of bus body technologies in terms of corrosion and durability. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022; 3: 67-75.

12. Belov A.S. Organization of storage of motor vehicles in road transport. *Avtomobil'nyy transport*. 2015. no 2 (84). 18-21. (In Russ.)

13. Vasil'ev S.V. Organization of storage of vehicles: features and technologies. *Logistika i upravlenie cepyami postavok*. 2015; 2 (19): 22-26. (In Russ.)

14. Grigor'ev I.A. Organization and management of storage of vehicles in parking lots. *Transport i hranenie nefiti i gaza*. 2016; 4 (31): 34-38. (In Russ.)

15. Ivanov I.V., Smirnov A.M. Organizaciya hraneniya avtotransportnykh sredstv na avtostoyankah: problemy i puti ih resheniya. *Transportnoe delo Rossii*. 2014; 2: 56-61. (In Russ.)

16. Kondrashina O.M. Organization of storage of vehicles on the fleets of transport companies. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviacionnogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015; 2 (16): 78-82. (In Russ.)

17. Sergeev A.I. Organization and management of vehicle warehouses. *Logistika i upravlenie cepyami postavok*. 2017; 3 (40): 48-52. (In Russ.)

18. Strahov I.V. Organization of storage of vehicles in parking lots: features and technologies. *Gruzovoy transport*. 2016; 6 (47): 32-37. (In Russ.)

19. Tihonov A.A. Organization of storage of vehicles in parking lots: problems and ways to solve them. *Transportnoe delo Rossii*. 2015; 6 (49): 25-29. (In Russ.)

20. Horeva E.A. Organization of storage of vehicles in parking lots: problems and solutions. *Logistika i upravlenie cepyami postavok*. 2014; 4 (15): 26-30. (In Russ.)

21. Chernyshov I.V. Organization of storage of vehicles in parking lots: problems and ways to solve them. *Transportnoe delo Rossii*. 2016; 1 (54): 26-31. (In Russ.)

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Мельников А.Н. Формулирование проблемы исследований, постановка задач исследования, обозначения алгоритма экспериментальных исследований.

Горбачёв С.В. Формирование гипотезы исследования, анализ технико-эксплуатационных показателей функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия.

Кеян Е.Г. Выполнение эксперимента и обработка его результатов.

Фаскиев Р.С. Выполнение обзора литературных источников, формирование выводов по работе.

STATED CONTRIBUTION OF AUTHORS

Aleksey N. Melnikov. Research problem statement, research tasks statement, experimental research algorithm development.

Sergey V. Gorbachev. Research hypothesis statement, technical and operational indicators of the func-

tioning of rolling stock of a motor transport enterprise analysis.

Ervand G. Keyan. Experiment implementation and its results processing.

Rif S. Faskiev. Literary sources review, drawing conclusions.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мельников Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургского государственного университета (460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, корп. 3), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7324-2674>, SPIN-код: 7759-1293, e-mail: mlnikov@rambler.ru

Горбачёв Сергей Викторович – канд. техн. наук, доц. кафедры экономической теории, региональной и отраслевой экономики, Оренбургского государственного университета (460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, корп. 3), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9093-9713>, SPIN-код: 1370-4818, e-mail: avtog12@mail.ru

Кеян Ерванд Грантович – канд. техн. наук, доц. кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургского государственного университета (460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, корп. 3), ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-5658-782X>, SPIN-код: 5829-3818, e-mail: keyan1959@mail.ru

Фаскиев Риф Сагитович – канд. техн. наук, доц. кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургского государственного университета (460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, корп. 3), ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-3773-4423>, e-mail: f_rif_s@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aleksey N. Melnikov – Cand. of Sci., Associate Professor departments of technical operation and repair of cars, Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, bldg. 3, 460018), ORCID: 0000-0001-7324-2674; SPIN-code: 7759-1293, e-mail: mlnikov@rambler.ru

Sergey V. Gorbachev – Cand. of Sci., Associate Professor departments of economic theory, regional and sectoral economics, Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, bldg. 3, 460018), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9093-9713>, SPIN-code: 1370-4818, e-mail: avtog12@mail.ru

Ervand G. Keyan – Cand. of Sci., Associate Professor departments of economic theory, regional and sectoral economics, Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, bldg. 3, 460018), ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-5658-782X>, SPIN-code: 5829-3818, e-mail: keyan1959@mail.ru

Rif S. Faskiev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor departments of economic theory, regional and sectoral economics, Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, bldg. 3, 460018), ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-3773-4423>, e-mail: f_rif_s@mail.ru