ВЕСТНИК НПУА, МЕТАЛЛУРГИЯ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ. 2021. №1
УДК 621.793:629.113
DOI: 10.53297/18293395-2021.1-53

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ КУЗОВА МИКРОАВТОБУСОВ СЕМЕЙСТВА “ГАЗЕЛЬ”

Г.С. Чибухчян

Национальный политехнический университет Армении

Автомобильная промышленность вносит значительный вклад в мировое экономическое производство. Её годовой оборот сравним с шестой по величине экономикой мира. На долю автомобилестроения в мировом валовом внутреннем продукте (ВВП) приходится около 5%. Автомобилестроение отличается мощным мультипликативным эффектом и стимулирует развитие ряда других отраслей. На продукцию автомобилестроения приходится около половины мирового потребления нефти, половина выпускаемой резины, 25% стекла и около 15% стали. Отметим, что величина и структура автомобильного рынка зачастую выступают в роли показателей уровня развития хозяйства, а его состояние достаточно быстро и точно отражает изменения, происходящие в мировой экономике.

Средний срок службы автомобиля составляет до 15…20 *лет*, в зависимости от многих факторов. Срок существенно снижается при воздействии на машину агрессивных эксплуатационных условий. Чаще всего автомобиль выходит из строя из-за коррозионных разрушений (коррозии) его деталей: кузова, трубопроводов, элементов тормозных систем, рам и других важных узлов.

Ущерб, наносимый человечеству коррозией, колоссален. По разным данным, коррозия “съедает” от 10 до 25% мировой добычи железа. В результате коррозии несущих и ответственных элементов подвижного состава автомобильного транспорта резко снижаются надежность и работоспособность, пассивная безопасность и безопасность дорожного движения, что требует применения новых эффективных средств и методов повышения коррозионной стойкости ответственных деталей и узлов автомобиля. Одним из эффективных решений повышения антикоррозионных качеств является нанесение изолирующего покрытия на поверхность металла, что позволяет в значительной степени снизить скорость его коррозии. Однако необходимо учитывать экономическую составляющую и сложность технологического процесса. Для микроавтобусов семейства “ГАЗЕЛЬ”, эксплуатируемых в г. Ереване, особое значение имеет повышение коррозионной стойкости деталей и несущих элементов кузова.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, микроавтобус, коррозия, механические свойства, кузов.

Введение. Автомобильный транспорт как основной и ключевой сектор транспортного комплекса Армении с ее геополитическим и географическим особым положением играет ключевую роль в удовлетворении потребности экономики и населения страны в грузовых (в 2019 *г.* составил 65,6%, в 2020 *г.*

- 65,7% от общего объема грузоперевозок) и пассажирских (в 2019 *г.* составил 84,7%, в 2020 *г.* - 78,4%) перевозках при минимальных затратах всех видов ресурсов [1]. Отметим, что в 2020 *г.* количество пассажироперевозок автомобильным транспортом в РА составило 54822,3 *тыс.чел.*, из них 42271,7 *тыс.чел.* только в г. Ереване [2, 3], с вытекающими из этого социальными и экологическими проблемами. В современных условиях обеспечение безопасности движения и качества обслуживания пассажиров является не только важной социальной, но и экономической и общегосударственной проблемой [4].

Большинство пассажирских перевозок в г. Ереване осуществляются автобусами (около 39,1% от общего объема пассажирских перевозок) и микроавтобусами (50,4%). В настоящее время в автобусном парке общественного транспорта имеется 668 автобусов, которые работают на 41 маршруте, и в среднем в день выходят на линию 430…440 единиц.

Количество микроавтобусов различных моделей составляет 1420 единиц, которые работают на 73 маршрутах, средняя длина маршрута составляет 31,7 *км* (минимум - 17 *км* и максимум - 39 *км*), средняя эксплуатационная скорость - 20,5 *км/ч* (минимальная - 17 *км/ч* и максимальная - 21,3 *км/ч*) [2]. Указанные маршруты на договорной основе обслуживает 41 частная организация. Почти 100% микроавтобусных пассажироперевозок осуществляются микроавтобусами семейства “ГАЗЕЛЬ”.

Отметим, что условия эксплуатации микроавтобусных перевозок весьма отличаются, что обусловлено прежде всего влиянием природно-климатических условий (разные маршруты находятся на высоте над уровнем моря в пределах 800…2000 *м,* разница температуры в различных районах г. Еревана составляет 4…5^0C, показатели влажности воздуха также ощутимы) и транспортных условий на долговечность и коррозионную стойкость кузовных деталей семейства “ГАЗЕЛЬ”.

В период эксплуатации микроавтобусов, а также их хранения в них непрерывно протекают различные механические, физические и химические процессы, которые приводят к изменению показателей и параметров отдельных ответственных и конструкционных элементов, а в итоге и машины в целом [4]. Важно отметить, что основной причиной протекания таких процессов является то, что при работе машин в узлах, агрегатах, элементах возникают различные виды энергии (механическая, тепловая, химическая, электрическая), которые, воздействуя на них, приводят к различным эксплуатационным повреждениям (износам, деформациям, поломкам, коррозии и др.). Это непосредственно

влияет на изменение выходных параметров и, в конечном счете, ведет к потере работоспособности (отказу).

Постановка задачи и обоснование методики. Целью настоящей работы является исследование влияния антикоррозионного покрытия BELZONA 1111 на коррозионную стойкость деталей кузова микроавтобуса семейства “ГАЗЕЛЬ”.

Повышение надежности и работоспособности элементов кузова микроавтобуса непосредственно связано с характеристиками и показателями коррозионной стойкости применяемых материалов.

Одним из основных видов разрушений для элементов кузова “ГАЗЕЛЬ” является коррозионное разрушение, возникаемое вследствие химического или электрохимического взаимодействия металлов с коррозионной средой. В итоге часть металла переходит в ионное состояние с образованием окислов, солей.

В Международном стандарте ИСО 8044-1986 под термином “коррозия” подразумевают физико-химическое взаимодействие между металлом и средой, в результате которого происходит изменение и часто ухудшение функциональных характеристик металла, среды или включающей их технической системы.

Для элементов кузова микроавтобусов семейства “ГАЗЕЛЬ” типичны следующие виды коррозии:

- **атмосферная электрохимическая.** Потери металла от атмосферной коррозии составляют более половины общих потерь металла из-за коррозии. Одной из причин возникновения такой коррозии является увлажнение металла. В зависимости от толщины пленки влаги на поверхности металла атмосферная коррозия условно подразделяется на сухую, влажную и мокрую;

- **контактная коррозия.** Такая коррозия проявляется в элементах кузова при контакте однородных металлов, соединенных между собой болтами, заклепками, сваркой или пайкой. Отметим, что на кузове более 60000 сварных точек. Новые линии сварки кабин и кузовов обеспечивают уровень автоматизации до 85%;

- **коррозия под напряжением.** Такая коррозия проявляется при одновременном воздействии коррозионной среды и механических напряжений, приводящих к деформации металла, в результате чего снижается его термодинамическая стабильность, нарушается защитная пленка на поверхности, что способствует активизации процесса коррозии. Такому виду коррозии подвержены несущие элементы кузова и оси автомобилей, рессоры, клапаны двигателей внутреннего сгорания.

Необходимо отметить, что характер и скорость протекания коррозионных процессов зависят от множества факторов, которые характеризуют

состояние металла, его химический состав, технологические особенности изготовления полуфабрикатов (литье, обработка давлением и др.), технологические процессы обработки поверхностей деталей (механические, химико-термические и др.) [5]. Большую группу факторов составляют эксплуатационные факторы: продолжительность и условия эксплуатации, температура и диапазон ее изменения, характер загрязнения окружающей среды и поверхностей, внешние нагрузки, контакт с агрессивной средой и т.д.

В настоящее время сталь преобладает в автомобилестроении, и вопреки всем сообщениям и прогнозам относительно других более перспективных материалов для кузовов, которые могут заменить сталь, невозможно представить, что сталь в ближайшем будущем полностью отставит свои позиции перед другими материалами.

Руководители всех ведущих сталелитейных предприятий уверены, что в обозримом будущем этот металл останется главным конструкционным материалом для кузовов автомобилей. Это, помимо прочего, обусловлено его свойствами. Так, при одинаковой массе деталь, выполненная из стали, стоит дешевле, чем из других материалов, особенно с учетом срока службы. Однако применение конкретной марки металла для кузова зависит от многих факторов, в том числе от характеристики, технологичности, качества и стоимости производства металла.

Снижение производственных и энергетических затрат, возрастающие требования топливной экономичности, экологической безопасности и пассивной безопасности, увеличение сроков эксплуатации и снижение эксплуатационных расходов автомобилей направляют решение этих проблем в сторону повышения конструктивной прочности, износостойкости, коррозионной стойкости различных несущих узлов и деталей и в целом кузова автомобиля при уменьшении его массы.

По оценкам ряда экспертов, ущерб от коррозии металлов, наносимый бюджету промышленно развитых стран, составляет от 2 до 4% их ВВП. Так, по данным Национальной ассоциации инженеров-коррозионистов (National Association of Corrosion Engineers – NACE), в США потери от коррозии и затраты на борьбу с ней составляют 3,1% ВВП. Для Германии это обходится в 2,8% от ВВП [6]. При этом потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических конструкций, изделий, оборудования, составляют от 10 до 20% годового производства стали [7]. В России нет официальной статистики, которая бы отражала экономический ущерб от коррозии, но, по некоторым оценкам, он составляет не менее 5% от ВВП. Установлено, что за

год в результате коррозии примерно 25% изделий из металлов и сплавов приходят в негодность и направляются на переплавку [8].

В условиях эксплуатации г. Еревана на кузовных деталях микроавтобусов в течение 3 лет появляются очаги коррозии и ржавчины, что непосредственно приводит к резкому снижению прочности и надежности кузова. Это требует разработки и применения новых антикоррозионных покрытий или новых материалов для деталей кузова. Вопрос непростой, принимая во внимание ценовую составляющую и сложность технологии того или иного решения, особенно с учетом новых экономических вызовов в этот непростой постпандемический период в республике.

Результаты исследования. Основным кузовным материалом является тонколистовая низкоуглеродистая качественная сталь, изготавливаемая методом холодной прокатки. Преобладающие толщины используемых сталей находятся в диапазоне 0,6…1,5 *мм*.

В таблице представлены механические свойства стали для автомобильных кузовов.

Таблица

Механические свойства стали для автомобильных кузовов ГОСТ 9045-59

Категория листа	σ_T, *кг/мм²*	σ_B, *кг/мм²*	δ_{10}, %	HRC, 30/100	σ_T/σ_B
ОСВ	20	26…33	44	45	0,66
СВ	21	26…34	42	48	0,7

Автомобильный кузов состоит из более чем десятка деталей сложной формы и высокого качества поверхности, которые в целом должны обеспечить достаточную прочность и долговечность, а также требования пассивной безопасности. Получить такой кузов можно лишь путем холодной штамповки деталей из листовой малоуглеродистой стали. Возможно также применение алюминиевого листа для изготовления кузова, но его стоимость достаточно высока. Также сталь обладает высокой пластичностью и позволяет выполнять детали с глубокой вытяжкой. Тем не менее, изготовить весь кузов из одного или нескольких листов невозможно. Поэтому необходимо конструкцию кузова разделить на несколько участков, которые потом можно соединить с помощью сварки. Для штамповки отдельных деталей кузова применяются специальные штампы. Их стоимость достаточно высокая, но затраты на их изготовление окупаются масштабами крупносерийного производства [8, 9].

Основными показателями пластичности стального листа, применяемого для изготовления деталей кузова автомобилей, являются: относительное удлинение, поперечное сужение, предел прочности, предел текучести, твердость. Для штамповки с глубокой вытяжкой применяются стали с большим относительным удлинением (15…30%, а в отдельных случаях - до 40…45%) и значительной разницей между пределами текучести и прочности. Хорошие результаты дает сталь с содержанием углерода 0,05…0,15%. Отметим, что не всегда низкоуглеродистая сталь дает качественную штамповку поверхности, так как это зависит и от величины зерна стали. Более высокое качество дает сталь.

Для таких сталей установлены относительные значения зернистости: при толщине листа 0,8… 2,0 *мм* размер зерна должен быть 26…37 *мкм*, при 2,0…5,0 *мм* - 37…52 *мкм*, а при толщине 5,0…6,0 *мм* - 70…80 *мкм*. Стали с более мелким зерном дают лучшую поверхность, но имеют более низкую пластичность и повышенную упругость. Стали с более крупным зерном дают шероховатую поверхность, непригодную для наружных деталей [9].

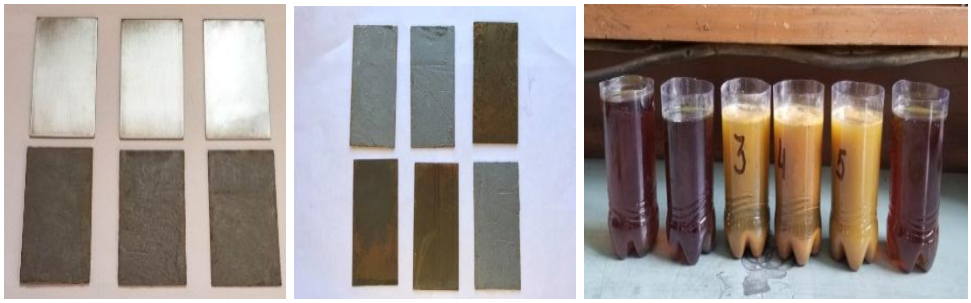
В последние годы в производстве кузовных и других деталей автомобилей наблюдается тенденция увеличения объема применения высокопрочных сталей с целью повышения безопасности и снижения массы автомобиля. Необходимость снижения массы обусловлена также постоянным ужесточением экологических требований во всем мире по уменьшению вредных веществ в выхлопе автомобиля.

Крупнейшие металлургические компании, производящие автолистовую сталь, работают над созданием сталей с улучшенными потребительскими свойствами. Среди наиболее важных направлений можно отметить [9]: высокоштампуемый прокат из стали со сверхнизким содержанием углерода; стали повышенной прочности; повышение коррозионной стойкости автолиста путем освоения производства сталей с цинковым, железоцинковым и алюмокремниевым покрытиями разного класса прочности и назначения, а также путем оптимизации химического состава и технологии производства самих автолистовых сталей. Основным условием антикоррозионной защиты металлов является уменьшение скорости коррозии, что возможно путем подбора соответствующих коррозионно-стойких сплавов, изменения состава агрессивной среды, применения защитных покрытий, изоляции металла от агрессивной среды слоем более стойкого материала, применения электрохимических методов защиты [9].

В последние годы производится цельнометаллический кузов семейства “ГАЗЕЛЬ NEXT”, который состоит из 68 полностью оцинкованных и 16

пластиковых деталей, все стыки и швы защищены антикоррозионным покрытием и специальными герметиками, что гарантирует отсутствие сквозной коррозии в течение 8 лет без ограничения пробега, однако такой кузов стоит довольно дорого и оправдывает себя при эксплуатации в очень влажных и резко континентальных климатических условиях. Необходимо отметить, что, кроме новых материалов для кузовных деталей, также ведутся работы по разработке новых высокоэффективных антикоррозионных материалов для нанесения на внешние поверхности кузовных деталей. Это позволяет сравнительно небольшими вложениями и несложными технологическими процессами повысить коррозионную стойкость деталей.

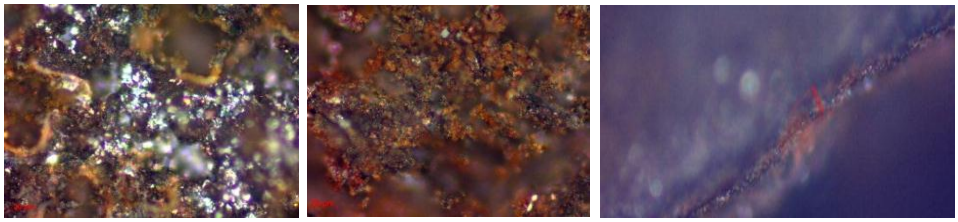
С целью исследования влияния нового антикоррозионного покрытия на коррозионную стойкость деталей нами выбран материал BELZONA 1111. Для проведения лабораторных испытаний были подготовлены 6 гладких образцов размером 100×50 *мм* и различными толщинами (1,0…3,0 *мм*). Образцы оставались в тарах с 10% водным раствором $FeCl_3$ в течение 24 *ч* при температуре 20^0С (рис. 1).



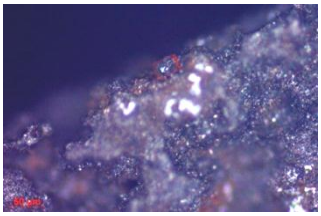
а) б) в)

Рис. 1. Образцы: а - до испытаний, б - после испытаний, в - химический раствор испытания после 24 ч; образцы NN 3, 4, 5 – без покрытий, образцы NN 1, 2, 6 - с покрытием

В соответствии с [10] показаны хорошие результаты, в частности, в металлах без покрытия BELZONA 1111 после 24 *ч* испытаний появляются очаги коррозии на глубине 20…22 *мкм* (рис. 2), между тем на образцах с покрытием не наблюдалось очагов коррозии. Кроме того, в результате влияния агрессивной среды масса образцов без покрытия снизились на 4,5…11%, а масса образцов с покрытием практически осталась без изменений.



а)



б)

Рис. 2. Микроструктуры образцов после испытания:
а - внешняя поверхность, б - глубина коррозионного очага

Заключение. Разрушение материалов и оборудования из металлов и сплавов можно резко снизить, применяя различные материалы и методы защиты от коррозии, а именно: нанесение защитных металлических и неметаллических (полимерных, лакокрасочных, резиновых) покрытий. Среди множества методов защиты от коррозии одним из эффективных и практических методов, не требующих сложных технологий, является нанесение антикоррозионных покрытий BELZON 1111.

Литература

1. https://www.yerevan.am/am/transport-department/
2. https://www.yerevan.am/am/bus/
3. https://armstat.am/file/Map/MARZ_01.pdf
4. **Чибухчян Г.С.** Проблемы развития общественного транспорта в Ереване // Мир транспорта.- 2019.– Том 17, N5.- С. 244-253.
5. **Жуков А.П., Малахов А.И**. Основы металловедения и теории коррозии.– М.: Высшая школа, 1991.–168 с.
6. https://krown.by/news/novosti/ryzhaya-chuma-ili-chto-my-znaem-o-rzhavchine-i-korrozii/].
7. **Зырянова Ю.Б.** К вопросу о финансово-экономическом обосновании оценки коррозионных потерь в нефтехимической отрасли // Проблемы современной экономики: Материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, февраль 2015 г.). – Челябинск, 2015.- С. 33-36.– URL:https://moluch.ru/conf/econ/archive/132/7123/ (дата обращения:08.03.2021).

8. **Румянцева В.Е.** Процессы коррозионной деструкции и защиты металлов: Учебное пособие.– Иваново: ИВГПУ, 2016.– 156 с.
9. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: Монография / **С.М. Кудрявцев** и др.; Под общей редакцией С.М. Кудрявцева.– Н. Новгород, 2010.– 236 с.
10. ГОСТ Р 9.905-2007 (ИСО 73842001, ИСО 118451995) ЕСЗКС. Методы коррозионных испытаний. Общие требования.- М.: Стандартинформ, 2007.- 20 с.

Поступила в редакцию 18.03.2021.
Принята к опубликованию 21.05.2021 .

«ԳԱԶԵԼ» ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄԻԿՐՈԱՎՏՈԲՈՒՍՆԵՐԻ ԹԱՓՔԻ ՄԵՔԵՆԱՄԱՍԵՐԻ ԿՈՌՈԶԻԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁԱՐՑՈՒՄԸ

Գ.Ս. Չիբուխչյան

Ավտոմոբիլային տրանսպորտը էական ներդրում ունի համաշխարհային տնտեսական արտադրությունում: Դրա տարեկան շրջանառությունը համեմատելի է աշխարհի տնտեսության 6-րդ մեծության հետ: Համաշխարհային ՀՆԱ-ի 58% -ը բաժին է ընկնում ավտոմոբիլաշինությանը: Ավտոմոբիլաշինությունը տարբերվում է հզոր մուլտիակտիվ արդյունքով և նպաստում է մի շարք ճյուղերի զարգացմանը: Նավթի և թողարկվող ռետինի համաշխարհային սպառման կեսը, ապակու 25%-ը և պողպատի մոտավորապես 15%-ը բաժին են ընկնում ավտոմոբիլաշինության արտադրանքին: Նշենք, որ ավտոմոբիլային շուկայի մեծությունը և կառուցվածքը հաճախ հանդես են գալիս որպես տնտեսության զարգացման մակարդակի ցուցանիշներ, իսկ դրա վիճակը բավականին արագ և ճշգրիտ արտացոլում է այն փոփոխությունները, որոնք տեղի են ունենում համաշխարհային տնտեսությունում:

Ավտոմոբիլի ծառայության միջին տարիքը կազմում է մինչև 15…20 տարի՝ կախված բազմաթիվ գործոններից: Ծառայության ժամկետը զգալիորեն նվազում է մեքենայի վրա ագրեսիվ շահագործական պայմանների ազդեցության դեպքում: Ավելի հաճախ ավտոմոբիլը շարքից դուրս է գալիս նրա մեքենամասերի՝ թափքի, խողովակաշարերի, արգելակային համակարգի տարրերի, շրջանակի և այլ կարևոր հանգույցների կոռոզիոն քայքայումների հետևանքով:

Կոռոզիայի վնասը մարդկությանը հսկայական է: Համաձայն տարբեր տվյալների՝ կոռոզիան «ուտում է» երկաթի համաշխարհային արդյունահանման մինչև 10… 25%-ը: Ավտոմոբիլային տրանսպորտի շարժակազմի կրող և պատասխանատու տարրերի կոռոզիայի հետևանքով կտրուկ նվազում են հուսալիությունը և աշխատունակությունը, պասսիվ անվտանգությունը և երթևեկության անվտանգությունը, ինչը պահանջում է կիրառել նոր, արդյունավետ միջոցներ և մեթոդներ՝ ավտոմոբիլի պատասխանատու մեքենամասերի և հանգույցների կոռոզիակայունության բարձրացման համար: Հակակոռոզիոն հատկությունների բարձրացման արդյունավետ լուծումներից է մետաղի մակերևույթը մեկուսացնող ծածկույթով պատելը, որը թույլ է տալիս զգալիորեն կրճատել դրա կոռոզիայի

արագությունը: Սակայն անհրաժեշտ է հաշվի առնել տնտեսական բաղադրիչը և տեխնոլոգիական գործընթացի բարդությունը: Երևան քաղաքում շահագործվող «ԳԱԶԵԼ» համակարգի միկրոավտոբուսների համար առանձնահատուկ նշանակություն ունի թափքի կրող տարրերի և մեքենամասերի կոռոզիակայունության բարձարցումը:

Առանցքային բառեր. ավտոմոբիլային տրանսպորտ, միկրոավտոբուս, կոռոզիա, մեխանիկական հատկություններ, թափք:

INCREASING THE CORROSION RESISTANCE OF THE BODY PARTS OF THE GAZEL FAMILY MICROBUSES

G.S. Chibukhchyan

The automotive industry makes a significant contribution to the global economic production. Its annual turnover is comparable to the sixth largest economy in the world. The automotive industry accounts for about 5% of the world Gross Domestic Product (GDP). The automotive industry has a powerful multiplier effect and stimulates the development of a number of other industries. Automotive products account for about half of the world's oil consumption, half of the rubber produced, 25% of glass and about 15% of steel. Note that the size and structure of the automotive market often act as indicators of the level of economic development, and its state quickly and accurately reflects the changes taking place in the world economy.

The average service life of a car is up to 15-20 years, depending on many factors. The service life is significantly reduced when the car is exposed to aggressive operating conditions. Most often, the car fails due to corrosion damage (corrosion) of its parts: the body, pipelines, elements of brake systems, frames and other important components.

The damage caused to humanity by corrosion is enormous. According to various sources, corrosion "eats" from 10 to 25% of the world's iron production.

As a result of corrosion of the load-bearing and critical elements of the rolling stock of road transport, reliability and performance, passive safety and road safety are sharply reduced, which requires the use of new effective means and methods to increase the corrosion resistance of critical parts and components of the car. One of the effective solutions to improve the anti - corrosion properties is the application of an insulating coating on the surface of the metal, which can significantly reduce the rate of its corrosion. However, it is necessary to take into account the economic component and the complexity of the technological process. For minibuses of the “GAZEL” family operated in Yerevan, it is of particular importance to increase the corrosion resistance of parts and load-bearing elements of the body.

Keywords: automobile transport, minibus, corrosion, mechanical properties, body.