

Дослідження впливу корозійно-активних речовин на руйнування елементів конструкції вагонів

Л.А. Тимофєєва¹, І.Е. Мартинов², Д.Г. Воскобойников³, М.В. Грибанов⁴

^{1, 2, 4} Український державний університет залізничного транспорту, (м. Харків, Україна)
³ «Вагонне депо Харків-сортувальний» АТ «Українська залізниця», (м. Харків, Україна)
email: ¹ timofeeva@kart.edu.ua, ² martinov@kart.edu.ua, ³ mtv@kart.edu.ua, ⁴ gribanov@kart.edu.ua;
ORCID: ¹ 0000-0001-7210-3760; ² 0000-0002-0481-3514; ⁴ 0000-0002-6849-3564

Проведено аналіз пошкоджень вантажних вагонів в наслідок корозійного впливу. Наведено аналіз впливу корозійно-активних середовищ на руйнування елементів конструкції вагонів, що перевозять небезпечні вантажі. Визначено основні методи існуючих захисних покриттів вантажних вагонів. За результатами аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду встановлено основні тенденції та шляхи у розвитку протикорозійного захисту вагонів. Найбільш доцільним у системах захисту вагонів, які використовуються для перевезення корозійно-активних вантажів, є використання епоксидних і поліуретанових покриттів, які відрізняються гарною хімічною стійкістю, стійкістю до зношення і ударних навантажень. При цьому головною проблемою у виборі протикорозійних матеріалів є невідповідність між результатами лабораторних випробувань та даними, отриманими при експлуатації вагонів. Довговічність та захисні властивості матеріалів, що застосовуються для протикорозійного захисту вагонів, обумовлена численними факторами, головним з яких є умови експлуатації вагонів і якість підготовки поверхонь. Встановлено, що для захисту від корозії елементів транспортних конструкцій найбільшого поширення набули неметалеві захисні покриття на емалевій, епоксидній, поліуретановій та інших основах. Широке застосування неметалевих покриттів для протикорозійного захисту вагонів, як в закордонній, так і у вітчизняній практиці, обумовлено низкою факторів:

- відносно низькою вартістю заходів з підготовки поверхонь і нанесення захисних покриттів;
- єдиною технологією нанесення захисних покриттів на вагони;
- можливістю проведення робіт з ремонту покриттів і усунення експлуатаційних пошкоджень в умовах депо. Запропоновано шляхи захисту елементів конструкції вагонів з використанням інноваційних технологій.

Ключові слова: корозійно-активні вантажі, корозійна стійкість, захисне покриття, підвищення корозійної стійкості, види корозії.

Постановка проблеми дослідження. Однією з основних завдань поточного етапу розвитку вагонного господарства є створення вагонів нового покоління [1]. Для забезпечення безремонтного періоду роботи вагона між його капітальними ремонтами, передбачається створення рухомого складу з кузовами підвищеної міцності та корозійної стійкості.

При перевезенні корозійно-активних вантажів (кислот, мінеральних добрив, окатишів), зменшується перетин елементів у результаті корозійного зносу, а також змінюється напружений стан вагонних конструкцій.

У свою чергу, концентрація напружень підсилює механіко-хімічну корозію, що призводить до істотного зниження несучої здатності, зменшенню надійності і скороченню довговічності.

Особливої актуальності набуває питання вивчення корозійного впливу агресивних середовищ на міцність конструкцій за оцінкою термінів і видів ремонту, а також для забезпечення надійної експлуатації вагонів протягом заданого терміну служби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Головним завданням сучасного етапу розвитку рухомого складу є створення вагонів нового покоління з підвищеною надійністю і довговічністю [2, 6]. Основною вимогою до кузовів вантажних вагонів є підвищення корозійної стійкості за рахунок використання нержавіючих сталей та спеціальних захисних покриттів, що забезпечують безремонтний пробіг між плановими видами ремонту. Особлива увага у розробці вагонів нового покоління приділяється спеціалізованим конструкціям, які використовуються для перевезення корозійно-активних вантажів.

Результати досліджень показали, що корозія та механічні пошкодження – це основні причини порушення працездатності рухомого складу. Необхідність створення моделей деформування вагонів, які використовуються для перевезення хімічно-агресивних вантажів, пов'язана із забезпеченням безаварійної та безпечної експлуатації вагонів, схильних до одночасного впливу механічних навантажень та агресивних середовищ

протягом заданого періоду експлуатації [3-5]. Наявність дефектів корозійного характеру значно впливає на напружено-деформований стан елементів конструкції вагонів.

Питанням підвищення зносостійкості, працездатності, надійності, довговічності, відновлення деталей та вузлів вантажних вагонів присвячено досить багато як теоретичних так і експериментальних досліджень відомих вчених: Л.А. Тимофеевої, І.Е. Мартинова, О.В. Фоміна, С.Ю. Сапронової, але в даних роботах недостатньо приділено уваги на причини на руйнування вагонів які перевозять небезпечні вантажі.

Норми, що діють нині, рекомендують під час проектування вагонів враховувати вплив агресивного середовища на елементи кузовів шляхом збільшення товщини металу на величину корозійного зносу або шляхом введення коефіцієнта запаса, що враховує умови роботи конструкції в корозійно-агресивному середовищі [7].

Однак, у даних дослідженнях недостатньо приділено уваги саме причинам виникнення корозії металевих поверхонь вагонів, що перевозять корозійно-активні вантажі.

Мета статті. Дана робота направлена на ретельне дослідження особливостей корозійно-активних середовищ, що впливають на руйнування елементів конструкцій вагонів під час перевезення небезпечних вантажів.

У роботі запропоновано шляхи захисту елементів конструкції вагонів з використанням інноваційних технологій на основі проведених досліджень.

Основний матеріал. Проведений аналіз конструкцій вагонів виявив загальну тенденцію руйнування за рахунок корозійного зносу (рис.1), що обумовлено різними видами взаємодії матеріалу конструкції з корозійним середовищем, умовами експлуатації конструкції, впливом режимів навантаження на процес корозії, а також умовами протікання корозії.

Особливу групу корозійних процесів складає корозія під напругою, яка характеризується руйнуванням металу при одночасному впливі корозійного середовища і постійних або змінних механічних напруг. Уплив агресивного середовища на елементи конструкцій може проявлятися по-різному. Агресивне середовище може стати причиною зміни товщини та перерізу елемента або зміни механічних властивостей матеріалу конструкції.

Проведені дослідження дали можливість охарактеризувати процес взаємодії вагонних конструкцій із агресивним середовищем, що призводить до зниження несучої здатності та скорочення ресурсу вагонів, яке можна описати сукупністю приватних моделей, показаних на рисунку 2.

Сукупність моделей, представлених на рисунку 2, умовно можна розділити на дві категорії: моделі, включення яких в структурну схему

моделі «Конструкція - агресивне середовище» обумовлено впливом перевезених корозійно-активних вантажів; моделі, обумовлені конструктивним виконанням і умовами експлуатації вагонів.



Рис. 1. Види корозії



Рис. 2. Схема моделі «Конструкція - агресивне середовище»

Застосування моделі «Конструкція - агресивне середовище» дозволить врахувати вплив геометрії конструкції вагонів, режимів їх навантаження, можливі структурні перетворення в матеріалі шляхом використання різних моделей уявлення.

Проведений аналіз моделі забезпечує оцінку міцності і довговічності вагонних конструкцій за різними критеріями настання граничного стану.

Проаналізовані методи захисту від корозії можна класифікувати як три групи:

- методи впливу на метал;
- методи впливу на природне середовище;
- методи впливу на конструкцію.

Першу групу методів, як правило, застосовують на стадії виробництва металу в процесі металургійної обробки або при додатковій обробці конструкцій після їх виготовлення. Одним із засобів цієї групи методів є легування металу різними присадками.

Інший спосіб впливу на метал заснований на використанні захисних покриттів, основне призначення яких полягає у створенні захисного бар'єра на кордоні пари «метал - агресивне середовище».

Захисні покриття діляться на дві групи - неметалеві і металеві.

Металеві покриття, на відміну від неметалевих, практично непроникні для корозійно-активних середовищ. Однак через особливості технології нанесення конструктивного виконання рухомого складу і умов експлуатації, металеві захисні покриття отримали застосування тільки для малогабаритних вузлів і деталей, що працюють в умовах інтенсивного зносу: корпусів роликів букс [8], деталей циліндро-поршневої групи дизелів тепловозів та ін.

Для захисту від корозії елементів транспортних конструкцій найбільшого поширення набули неметалеві захисні покриття на емалевій, епоксидній, поліуретановій та інших основах.

Широке застосування неметалевих покриттів для протикорозійного захисту вагонів, як в закордонній, так і у вітчизняній практиці, обумовлено низкою факторів:

- відносно низькою вартістю заходів з підготовки поверхонь і нанесення захисних покриттів;
- єдиною технологією нанесення захисних покриттів на вагони;
- можливістю проведення робіт з ремонту покриттів і усунення експлуатаційних пошкоджень в умовах депо.

Серед методів захисту від корозії впливом на середовище, найбільшого поширення набули способи консервації і осушення атмосфери. Застосування зазначених засобів ефективно тільки за умови зберігання і транспортування виробів. В умовах впливу експлуатаційних факторів ці методи не забезпечують надійний протикорозійний захист.

Третя група засобів робить істотний вплив на ступінь захисту конструкції і експлуатаційну надійність рухомого складу під час перевезення корозійно-активних вантажів. Основними технічними рішеннями для даного напрямку захисту є:

- розробка конструкцій із змінними елементами (наприклад, стінки розвантажувальних бункерів, панелі обшивки тощо);
- конструктивне опрацювання елементів конструкцій для усунення зон щільної корозії, запобігання накопиченню вологи, а також зменшення пошкоджень при зачистці від залишків вантажу.

Таблиця 1. Аналіз існуючих захисних покриттів

Тип покриття	Переваги	Недоліки	Застосування
Епоксиди	Добра хімічна стійкість, зносостійкість. Простота нанесення покриття	Схильність до руйнування плівки під час атмосферного впливу	Стандартний матеріал для фарбування внутрішніх поверхонь критих хоперів
Алкідні	Проста технологія виготовлення покриття	Тривалий час висихання, погані показники повного висихання. Під дією тепла плівка пом'якшується.	-
Поліуретани	Добра хімічна стійкість, зносостійкість, стійкість до ударних впливів	Токсичність	Для фарбування внутрішніх поверхонь вагонів
Вініли	Добра хімічна стійкість	Потрібно нанесення великої кількості шарів для досягнення необхідної товщини.	Не використовувалися
Водорозчинні акрилові матеріали	Добра зносостійкість та атмосферна стійкість, малий вміст розчинника.	Низька хімічна стійкість, характеристики покриттів залежать від температури і вологості	Для фарбування зовнішніх поверхонь
Цинкові покриття	Незначний вміст летючих речовин	-	Не випробувано на залізничних вагонах
Оксидо-металеві покриття	Добра адгезія, незначна кількість хімічно-активних речовин.	-	Для захисту поверхонь вагонів

Аналіз методів захисту від корозії показав, що одним з найефективніших засобів підвищення експлуатаційної надійності і довговічності конструкцій вагонів є нанесення неметалевих захисних покриттів [9-10].

За результатами аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду встановлено основні тенденції та шляхи у розвитку протикорозійного захисту вагонів. Найбільш доцільним у системах захисту вагонів, які використовуються для перевезення корозійно-активних вантажів, є використання епоксидних і поліуретанових покриттів, які відрізняються гарною хімічною стійкістю, стійкістю до зношення і ударних навантажень.

При цьому головною проблемою у виборі протикорозійних матеріалів є невідповідність між результатами лабораторних випробувань, (вони дають підвищений результат до 10 і більше разів), та даними, отриманими при експлуатації вагонів. Довговічність та захисні властивості матеріалів, що застосовуються для протикорозійного захисту вагонів, обумовлена численними факторами, головним з яких є умови експлуатації вагонів і якість підготовки поверхонь [11-15].

Висновки з дослідження, перспективи і подальший розвиток у даному напрямку.

У результаті проведених досліджень визначено основні причини руйнування елементів конструкції вагонів за рахунок корозії які здійснюються по механізму корозійного процесу, за умовами протікання корозії, за умовами експлуатації конструкції та за площею охоплення. Основну групу з яких складає корозія під напругою яка характеризується руйнуванням металу при одночасному впливі корозійного середовища і постійних або змінних механічних напруг.

Визначено, що процес взаємодії конструкції вагонів із агресивним середовищем можливо описати моделями, в структуру яких входить модель матеріалу, деформування матеріалу, геометрична модель конструкції, модель наступу граничного стану та взаємодії матеріал-середовище.

За рахунок аналізу існуючих захисних покриттів поверхні металу від корозії встановлено, що перспективними є оксидо-металеві покриття, які забезпечать підвищення корозійної стійкості, і як результат збільшить ймовірність безремонтного пробігу між капітальними ремонтами.

Література:

1. Фомін, О.В. Варіаційне описання конструктивних виконань вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, А.В. Гостра // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Київ: ДЕТУТ, 2015. – Вип.26-27. – С.137–147.
2. Fomin, O. Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry [Text] / O. Fomin, A. Lovska, V. Masliyev, A. Tsybaliuk, O. Burlutski // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 7, Issue 1 (97). – P. 33–40. doi: 10.15587/1729-4061.2019.154282
3. Обследование технического состояния грузовых вагонов, используемых для перевозки минеральных удобрений, на коррозионные повреждения: Отчет о НИР / УрГАПС; рук. темы А.В. Смольянинов - В-129/1. - Екатеринбург, 1998. - 127 с.
4. Результаты эксплуатационных испытаний вагонов для перевозки минеральных удобрений: Отчет о НИР / УрГУПС; рук. темы А.В. Смольянинов. - В-136/1. - Екатеринбург, 2000. - 151 с.
5. Конюхов, А.Д. Коррозия и надежность железнодорожной техники // Железнодорожный транспорт, 1997. - № 1. - С. 42 - 47.
6. Okorokov, A., Fomin, O., Lovska, A., Vernigora, R., Zhuravel, I., Fomin, V. (2018). Research into a possibility to prolong the time of operation of universal open top wagon bodies that have exhausted their standard resource. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (7 (93)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131309>
7. Овчинникова, Г.Н. Расчет сложных стержневых конструкций с учетом кинетики развития распределенных и локальных коррозионных повреждений: Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Волгоград, 1996. - 18 с.
8. Мартинов, І. Е. Визначення показників надійності вагонних букс за результатами випробувань [Текст] / Зб. наук. праць / УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 68. – с. 191-198
9. Зайнуллин, Р.С. К методике коррозионных испытаний металла при двухосном напряженном состоянии / Ред. журнала ФХММ. - Львов, 1983. — 10 с. Деп. в ВИНТИ 02.02.83, № 695.
10. Гайдар, С. М., Низамов Р. К., Голубев М. И., [Текст] / Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии Инженерные технологии и системы, 2018. – № 3, – С. 429-444.
11. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Вильямс, 2007. – 912 с.
12. Тимофеева, Л. А. Научные и практические основы экологически чистой химико-термической обработки железоуглеродистых сплавов с использованием водных растворов солей [Текст] / автореф. дис. д-ра техн. наук / Л. А. Тимофеева. – К.: ИПН, 1992.-29 с
13. Bernstein H.L. A model for the oxide growth stress and its effect on the creep of metals // Met. Trans. A., 2000. - V. 18. - № 1-6. - PP. 975 - 986.

14. H. Elmsellem, K. Karrouchi, A. Aouniti, B. Hammouti, S. Radi, J. Taoufik, M. Ansar, M. Dahmani, (2015) Theoretical prediction and experimental study of 5-methyl-1H-pyrazole-3-carbohydrazide as a novel corrosion inhibitor for mild steel in 1.0 M HCl. *ScholarsResearchLibrary. DerPharmaChemica*, 7(10):237-245

15. Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hatchenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 19–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116194>

References

1. Fomin, O.V. Variatsiynе opisannya konstruktivnykh vikonan vantazhnykh vagoniv [Tekst] / O.V Fomin, A.V. Gostra // *Zbirnik naukovykh prats Derzhavnogo ekonomiko-tehnologichnogo universitetu transportu Ministerstva osviti i nauki Ukraїni: Seriya «Transportni sistemi i tekhnologii»*. – Kїiv: DYeTUT, 2015. – Vip.26-27. – P.137–147.

2. Fomin, O. Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry [Text] / O. Fomin, A. Lovska, V. Masliyev, A. Tsymbaliuk, O. Burlutski // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – Vol. 7, Issue 1 (97). – P. 33–40. doi: [10.15587/1729-4061.2019.154282](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.154282)

3. Obsledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya gruzovykh vagonov, ispolzuemykh dlya perevozki mineralnykh udobreniy, na korrozionnye povrezhdeniya: Otchet o NIR / UrGAPS; ruk. temy A.B. Smolyaninov - V-129/1. - Yekaterinburg, 1998.- 127 p.

4. Rezultaty ekspluatatsionnykh ispytaniy vagonov dlya perevozki mineralnykh udobreniy: Otchet o NIR / UrGUPS; ruk. temy A.B. Smolyaninov. - V-136/1. - Yekaterinburg, 2000. - 151 p.

5. Konyukhov, A.D. Korroziya i nadezhnost zheleznodorozhnoy tekhniki // *Zheleznodorozhnyy transport*, 1997. - № 1. - P. 42 - 47.

6. Okorokov, A., Fomin, O., Lovska, A., Vernigora, R., Zhuravel, I., Fomin, V. (2018). Research into a possibility to prolong the time of operation of universal open top wagon bodies that

have exhausted their standard resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (93)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131309>

7. Ovchinnikova, G.N. Raschet slozhnykh sterzhnevnykh konstruktivnykh s uchetom kinetiki razvitiya raspredelennykh i lokalnykh korrozionnykh povrezhdeniy: Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. - Volgograd, 1996. - 18 p.

8. Martinov, I. Ye. Vznachennya pokaznikov nadiynosti vagonnykh buks za rezultatami viprobuvan [Tekst] / *Zb. nauk. prats / UkrDAZT*, 2005. – Vip. 68. – p. 191-198

9. Zaynullin, P.C. K metodike korrozionnykh ispytaniy metalla pri dvukh-osnom napryazhenom sostoyanii / *Red. zhurnala FKHM*. - Lvov, 1983. — 10 p. Dep. v VINITI 02.02.83, № 695.

10. Gaydar, S. M., Nizamov R. K., Golubev M. I., Tekst] / *Zashchitnaya effektivnaya vodorostvorimykh ingibitorov korrozii Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 2018. – № 3, – P. 429-444.

11. Dreyper, N. Prikladnoy regressionnyy analiz [Tekst] / N. Dreyper, G. Smit. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Vilyams, 2007. – 912 p.

12. Timofeeva, L. A. Nauchnye i prakticheskie osnovy ekologicheskoy chistoy khimiko-termicheskoy obrobki zhelezouglerodistykh splavov s ispolzovaniem vodnykh rastvorov soley [Tekst] / avtoref. dis. d-ra tekhn. Nauk / L. A. Timofeeva. – K.: IPN, 1992. - 29 p.

13. Bernstein H.L. A model for the oxide growth stress and its effect on the creep of metals // *Met. Trans. A.*, 2000. - V. 18. - № 1-6. - PP. 975 - 986.

14. H. Elmsellem, K. Karrouchi, A. Aouniti, B. Hammouti, S. Radi, J. Taoufik, M. Ansar, M. Dahmani, (2015) Theoretical prediction and experimental study of 5-methyl-1H-pyrazole-3-carbohydrazide as a novel corrosion inhibitor for mild steel in 1.0 M HCl. *ScholarsResearchLibrary. DerPharmaChemica*, 7(10):237-245

15. Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hatchenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 19–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116194>

Аннотация

Оценка влияния коррозионно-активных веществ на разрушение элементов конструкции вагонов

Л.А. Тимофеева, І.Э. Мартинов, Д.Г. Воскобойников, Н.В. Грибанов

Проведен анализ повреждений грузовых вагонов вследствие коррозионного воздействия. Приведен анализ влияния коррозионно-активных сред на разрушение элементов конструкции вагонов, перевозящих опасные грузы. Определены основные методы существующих защитных покрытий грузовых вагонов. По результатам анализа отечественного и зарубежного опыта установлены основные тенденции и пути в развитии противокоррозионной защиты вагонов. Наиболее целесообразным в системах защиты вагонов, используемых для перевозки коррозионно-активных грузов, является использование

эпоксидных и полиуретановых покрытий, которые отличаются хорошей химической стойкостью, стойкостью к износу и ударным нагрузкам. При этом главной проблемой в выборе антикоррозионных материалов является несоответствие между результатами лабораторных испытаний и данными, полученными при эксплуатации вагонов. И защитные свойства материалов, применяемых для антикоррозионной защиты вагонов, обусловлена многочисленными факторами, главным из которых являются условия эксплуатации вагонов и качество подготовки поверхностей. Установлено, что для защиты от коррозии элементов транспортных конструкций наибольшее распространение получили неметаллические покрытия на эмалированной, эпоксидной, полиуретановой и других основах. Широкое применение неметаллических покрытий для противокоррозионной защиты вагонов, как в зарубежной, так и в отечественной практике, обусловлено рядом факторов:

- относительно низкой стоимостью мероприятий по подготовке поверхностей и нанесению защитных покрытий;
- единой технологии нанесения защитных покрытий на вагоны;
- возможностью проведения работ по ремонту покрытий и устранения эксплуатационных повреждений в условиях депо. Предложены пути защиты элементов конструкции вагонов с использованием инновационных технологий.

Ключевые слова: *коррозионно-активные грузы, коррозионная стойкость, защитное покрытие, повышения коррозионной стойкости, виды коррозии.*

Abstract

Evaluation of the influence of corrosive-active substances on the destruction of the elements of the construction of cars

L.A. Timofeeva, I.Y. Martynov, D.H. Voskoboinikov, M.B. Hrybanov

The article presents the features of the impact of corrosive environments on the destruction of structural elements of cars carrying dangerous goods, and on this basis suggests ways to protect using innovative technologies. The analysis of car structures revealed a general trend of control due to corrosion wear, due to different types of interaction of structural materials with the corrosive environment, operating conditions of structures, the influence of loading modes on corrosion processes, as well as corrosion conditions. The analysis of damages of freight cars as a result of corrosion influence is carried out. The main methods of existing protective coatings of freight cars are determined. The model "Model - aggressive environment" which application will allow to consider influence of geometry of a design of cars, modes of their loading and possible structural transformations in material is developed. The basic tendencies and ways in development of anticorrosive protection of cars are established. Non-metallic protective coatings on enamel, epoxy, polyurethane and other bases have become the most widespread for protection against corrosion of elements of transport constructions. Widespread use of non-metallic coatings for corrosion protection of cars, both in foreign and domestic practice, due to a number of factors:

- relatively low cost of measures for surface preparation and application of protective coatings;
- the only technology for applying protective coatings on cars;
- the possibility of repair work and eliminate operational damage in the depot.

It is established that one of the effective ways to increase the operational reliability and durability of car structures is the application of non-metallic protective coatings. Ways of protection of elements of a design of cars with use of innovative technologies for maintenance-free run of operation of the car between capital repairs, creation of a rolling stock with bodies of high durability and corrosion resistance are offered

Keywords: *corrosion-active cargoes, corrosion resistance, protective coating, increasing corrosion resistance, types of corrosion.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Timofeeva, L. A. et al. (2021) "Evaluation of the influence of corrosive-active substances on the destruction of the elements of the construction of cars," *Engineering of nature management*, (2(20), pp. 95 - 100.

Подано до редакції / Received: 06.04.2021