

УДК 629.4.083.:629.463

*Дмитро Волошин, к.т.н., доцент  
(доцент кафедри вагонів Українського державного університету  
залізничного транспорту, м. Харків)  
Ігор Афанасенко  
(старший викладач кафедри вагонів Українського державного  
університету залізничного транспорту, м. Харків)*

### **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВАГОНОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*Стаття присвячена питанням оцінки ефективності вагоноремонтних підприємств. На сучасний момент указані виробничі системи характеризуються низькою надійністю. Спостерігається погіршення процедур виконання планових завдань та зниження якості ремонту вагонів.*

*Актуальною науково-технічною задачею є розробка інтегрованого виробничого простору, який дозволить запровадити основні положення виробничої логістики.*

***Ключові слова:** виробнича система, динамічна стійкість, ефективність виробництва, ресурс вагонів, надійність.*

**Вступ.** Підприємства з ремонту вантажних та пасажирських вагонів вимушені здійснювати свою діяльність у край невизначених умовах. Різні зовнішні та внутрішні фактори впливу на виробництво створюють передумови для подальшого поглиблення деградаційних процесів. Неконтрольоване старіння рухомого складу, відсутність прозорих процедур матеріального забезпечення, незадовільна якість запасних частин та матеріалів, відсутність пропорційного розвитку окремих підсистем виробництва – це лише деяка частина причин, що обумовлюють низьку ефективність виробничих процесів вагоноремонтних підприємств.

**Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми.** За останні роки проблемам підвищення надійності виробничих систем та застосування логістичних принципів управління виробництвом були присвячені роботи В.В. Бугаєва, В.І. Грідюшко, В.І. Денисенко, А.П. Дьяченко, Н.З. Криворучко, М.М. Болотина, Г.Л. Бродецького, Р. Брауна, Дж. Букана, Є.В. Булінської, Є.П. Дудкіна, С.Н. Корнілова, С.В. Пітьоркіна, В.Л. Лапіна, В.І. Томакова, Дж. Хедлі, Л.Ф. Хазєєва, Х. Кумамото, А.Г. Федорця, М.А. Ястребенецького і багатьох інших.

На сучасному етапі потрібно використовувати інтеграційні технології організації та управління виробництвом. Поступовий перехід до прогресивних підходів управління дасть змогу не тільки значно зменшити виробничі втрати, але й перейти до нових рівнів забезпечення якості продукції. Методологією, яка найбільш відповідно втілює інтеграційні принципи є виробнича логістика.

**DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-1-7**

Для реалізації функцій інтегрованого простору, за необхідне вважається застосування сучасних процедур визначення надійності виробничих підсистем та підтримання їх зі заданими параметрами у часі.

**Мета і завдання дослідження.** Актуальною задачею в межах пропонованих досліджень є оцінка рівня ефективності виробничих систем з ремонту вантажних вагонів на поточний момент їх експлуатації.

**Матеріали та методи дослідження.** Сучасні виробництва з ремонту вагонів відносяться до класу складних організаційних систем, які мають варіабельні параметричні характеристики у часі [1, 5-8]. Як відомо з класичних теоретичних положень теорії надійності, основною відмінною систем від об'єктів є відносна неможливість трактування їх відмов в категоріях «справна–несправна» або «працездатна–непрацездатна» [2, 12-15].

На практиці організаційні системи найчастіше розглядають у вигляді складних динамічних утворень, які бувають у двох станах — стійкому та нестійкому. При цьому стійкий стан означає заданий режим роботи виробничих підрозділів, відповідність фактичних показників виконання плановим, оптимальний ресурсний розподіл. При нестійкому стані відбуваються небажані виробничі події у вигляді збоїв, втрат ресурсів, порушень стандартних режимів роботи та інші.

Але потрібно мати на увазі, що практично всі підприємства транспортного сектору проектувалися в умовах планової економіки [9-11] та у час, коли відбувалося значне і постійне її зростання. За останні роки спостерігається тенденція до постійних кризових ситуацій, що викликає потребу в корінній зміні методів управління та організації виробничої діяльності з ремонту вагонів.

Відмітимо, що складні організаційні системи відносяться до відновлювального типу з точки зору надійності. При проектуванні в них від самого початку закладаються процедури, спрямовані на підтримання їх у працездатному стані [11-15] (комплексні заходи типу модернізації, технічного переозброєння, реконструкції). При відсутності порушень у реалізації запланованих напрямів технічного розвитку, система постійно підтримується в працездатному стані, а відхилення показників її функціонування знаходяться в межах статистичної похибки. Але в умовах постійних порушень стандартних та визначених нормативною документацією процедур, практично кожна кризова ситуація (відсутність матеріалів та запасних частин, нестача оборотних коштів, аварії обладнання та інші) може перемістити виробничу систему за межі області динамічної стійкості.

Властивості систем визначають в їх структурах та функціях [8, 9, 14, 15] механізми адаптації до постійно змінним зовнішнім та внутрішнім умовам середовища. Тому більш раціонально розглядати відмови систем з точки зору ефективності функціонування. Це дає змогу враховувати фактори, які при класичному трактуванні залишаються за межами аналізу, що проводиться.

Заслугує уваги методика представлена в [3]. Вона є достатньо універсальною та може застосовуватися для проведення аналізу ефективності підприємств з ремонту рухомого складу як в промисловому секторі, так і в магістральному. Автор запропонував використовувати оцінку ефективності ремонтних підрозділів на основі визначення двох характеристик – параметра потоку відмов ( $\omega_x$ ) та коефіцієнта повноти відновлення ресурсу вагонів ( $\eta$ ). Для оцінювання розвитку системи ремонту її фактичному стану у відповідність ставляться певні рівні

ефективності функціонування системи в залежності від цільової функції та параметрів виробничого середовища (табл. 1).

Таблиця 1. Рівні ефективності технологічних систем вагоноремонтних підприємств

Рівень ефективності системи	Характеристика показників	Мета та задачі системи
Перспективний (високий, стійкий)	Повне відновлення ресурсу вагонів ( $\eta = 1; \omega_x \rightarrow \min$ )	Безвідмовна робота системи, діагностика вагонів, ремонт по фактичному напрацюванні на відмову
Стабільний (середній, надійний)	Повне відновлення ресурсу вагонів після кожної відмови ( $\eta = 1; \omega_x = 1/x$ )	Безаварійна експлуатація вагонів, попередження відмов за рахунок планово-попереджувальної системи
Нестабільний (низький, ситуаційний)	Неповне, але постійне відновлення ресурсу вагонів після першої відмови ( $\eta < 1; \omega_x = 1/\eta x$ )	Підтримання працездатності на певному рівні за рахунок проведення планових ремонтів
Аварійний (критичний, ненадійний)	Послідовне (постійне) у часі зниження повноти відновлення ресурсу ( $\eta \ll 1; \omega_x \rightarrow \max$ )	Відновлення вагонів після відмов або аварії за рахунок проведення аварійних ремонтів

Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу показує якість ремонту, який було виконано. При цьому є можливість оцінювання імовірного зменшення ресурсу вагонів:

$$\eta_i = \frac{x'_{i,i+1}}{x'_1}, \quad (1)$$

де  $x_i$  – середнє напрацювання між  $i$ -ою та  $i+1$  відмовами;

$x_1$  – середнє напрацювання до першої відмови.

Параметр потоку відмов – це відносна кількість відмов, які поступають для усунення, та яка приходить на одиницю часу роботи відповідного виробничого підрозділу:

$$\omega_x = \sum_{i=1}^{\infty} f_i(x), \quad (2)$$

де  $f_i(x)$  – щільність імовірності виникнення  $i$ -ої відмови.

Як вказувалося в [4], у вітчизняних виробничих системах з ремонту вагонів спостерігається значне зниження комплексних показників надійності у часі. Відхилення запланованих та фактичних значень досягає більше 50%. Це пояснюється сумарною дією негативних факторів по двох напрямках (рис. 1). З одного боку спостерігається постійне зниження характеристик надійності вагонного парку, яке обумовлене старінням конструкцій, їх недостатнім оновленням та закономірним накопиченням критичних пошкоджень. З другого, відбувається деградація виробничих систем в умовах недостатнього оновлення парку обладнання, застосування застарілих технологій та підходів до організації виробництва.



Рис. 1. Схема деградаційних процесів у виробничих системах

На прикладі відмов візків вантажних вагонів за два роки експлуатації (рис. 2) було встановлено, що має місце значне зниження надійності вагонних конструкцій у часі.

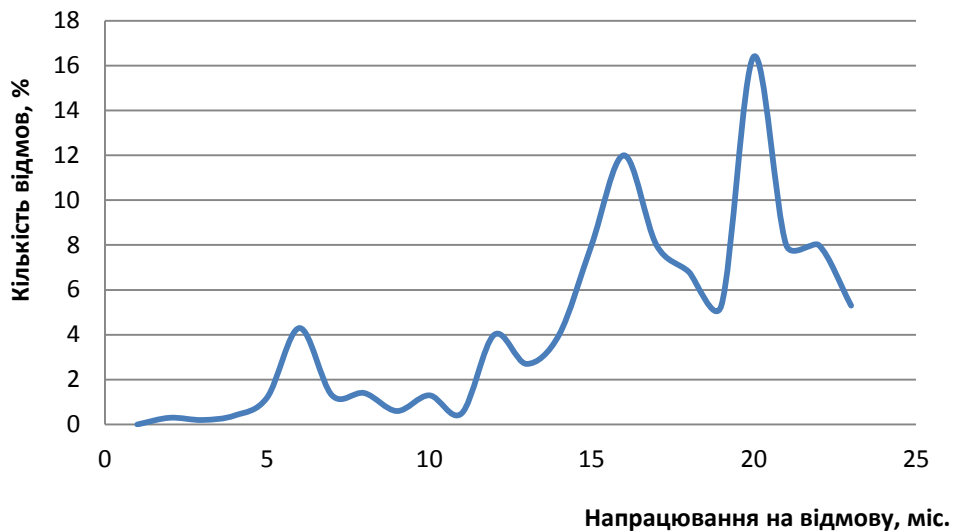


Рис. 2. Аналіз даних по відмовах візків вантажних вагонів

Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу згідно проведених розрахунків прагне до мінімальних значень ( $\eta \rightarrow 0$ ), відхилення від планових показників досягає максимальних меж. Спостерігається процес усунення відмов та несправностей, взамін їх попередження та підтримання вагонів у справному стані. Зроблено загальний висновок, що на поточний момент виробничі системи відносяться до класу нестабільних.

**Висновки.** Постійне зниження характеристик надійності виробничих систем з ремонту вагонів прямо впливає на їх ефективність у часі. Проведення досліджень, спрямованих на її оцінку дають змогу розробити заходи по забезпеченню стійкості виробничих підрозділів та виконанню ними виробничих завдань у повному обсязі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кульба В. В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н. Методи формування сценарієв розвитку соціально-економічних систем. М.: СИНТЕГ, 2004. 400 с.
2. Кочкаров, А. А., Малинецкий Г.Г. Управление безопасностью и стойкостью сложных систем в условиях внешних воздействий // Проблемы управления. 2005. №5. С. 70-76.
3. Корнилов, С. Н. Формирование и развитие системы ремонта железнодорожного подвижного состава промышленных предприятий на основе логистических принципов: дис. д-ра. техн. наук. М., 2005. 267 с.
4. Волошин, Д. І. До питання підвищення надійності роботи виробничих підрозділів підприємств з ремонту вагонів // Зб. наук.праць. Харків: УкрДУЗТ, 2015. Вип.157. С. 128-130.
5. Wiendahl, H.-P., Hegenscheidt M.. Reliability and Availability of Complex Production Systems. // Published in: E.Kuljanic (Ed.) Advanced Manufacturing Systems and Technology, CISM Courses and Lectures No. 437, Springer Wien New York, 2002, P. 225–232.
6. Фомін О.В., Гостра А.В. Варіаційне описання конструктивних виконань вантажних вагонів // 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.

7. Фомін, О.В. Розробка методики впровадження різних профілів в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Харків. 26'2012. С.29-33.
8. Мороз В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоемності // Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2009. С. 121 – 131.
9. Кельріх М. Б. Структурно-функціональне описання конструкції модуля кузова сучасних універсальних напіввагонів // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганськ: СНУ ім. В. Даля. 2014. №. 2. С. 210.
10. Макаренко М. В. Комплексний аналіз економічного ефекту від життєвого циклу сучасного напіввагону //Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». К.: ДНДЦ УЗ. 2014. №. 5. С. 107.
11. Мороз В. І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» // Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ. 2008. С. 72-81.
12. Kelrykh M., Fomin O. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 6. P.64-67.
13. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building // East European journal of advanced technologies. Kharkiv. № 3/7(57), 2012. P. 32-35 - access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte\\_2012\\_3\(7\)\\_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
14. Фомін О.В. Теоретичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів // Науковий журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського». Кременчук: КДПУ, 2013. Вип. 6(83). С. 87-91.
15. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в несучі системи напіввагонів з забезпеченням раціональних показників міцності // Науковий журнал - «Технологический аудит и резервы производства». Харків, 2015. № 4/1(24). С. 83-89.

## REFERENCES

1. Kulba, V.V., Kononov, D.A., Kosiachenko, S.A., Shubyn, A.N. (2004). *Metody formirovaniya stszenarijev razvitiya sotsialno-ekonomicheskikh sistem [Methods of forming scenarios for the development socio-economic systems]*. M: SYNTEH [in Russian].
2. Kochkarov, A. A., Malynetskiy, H.H. (2005) Upravlenye bezopasnostiu y stoikosti slozhnykh system v usloviyakh vneshnykh vozdeistviy [Safety management and durability of complex systems in the face of external influences]. *Problemy upravleniya – Problem management*, 5, 70-76 [in Russian].
3. Korniyov, S. N. (2005) Formirovaniye y razvitye systemy remonta zheleznodorozhnogo podvyzhnogo sostava promyshlennykh predpriyatiy na osnove lohistycheskykh pryntsypov [Formation and development of a system for repairing railway rolling stock of industrial enterprises based on logistic principles]. *Doctor's thesis*. Moskov [in Russian].
4. Voloshyn, D. I. (2015) Do pitannya pIdvischennya nadlynostI roboti virobnichih pIdrozdIIIv pIdpriemstv z remontu vagonIv [On the issue of improving the reliability production units of the enterprises for the repair of cars]. *Zb. nauk. prats — Collection of scientific papers, Vol. 157*, 128-130 [in Ukrainian].
5. Wiendahl, H.-P. Hegenscheidt, M. (2002) Reliability and Availability of Complex Production Systems. *E.Kuljanic (Ed.) Advanced Manufacturing Systems and Technology, CISM Courses and Lectures Springer Wien, Vol. 437*, 225–232 [in English].
6. Fomin, O.V. (2012) Rozrobka metodiki vprovadgennja riznih profiliv v jacosti scladovih elementiv nesuchih system vantagnih vagoniv [Development of a method for the introduction of various profiles as components of carrier systems of freight cars]. *Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI» - Bulletin National technical university "HPI", Vol. 26*, 29-33 [in Ukrainian].
7. Fomin, O.V., Gostra, A. V. (2015) Variacijne opisannja konstruktivnih vikonan' vantazhnih vagoniv [Variations describe the structural designs of freight cars] *Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine series "Transport systems and technologies", Vol. 26-27*, 137-147 [in Ukrainian].
8. Moroz, V.I. (2009) Matematychnyy zapys zadachi optymizatsiynoho proektuvannya piv-vahoniv za kryteriyem minimal'noy materialoyemnosti [Mathematical notation of problem of optimizing design of open goods wagons by criterion of the minimum material capacity]. *Zbirnyk naukovykh prats - Collection of scientific papers, Vol. 111*, 121-131 [in Ukrainian].

9. Kelrikh, M. B., Moroz, V. I. (2014) Strukturno-funktsionalne opysannia konstrukttsii modulia kuzova suchasnykh universalnykh napivvahoniv [Structural and functional description of the body module design of modern universal gondola]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia - Bulletin of the East Ukrainian National University. V. Dahl, Vol. 2(210)*, 94-103 [in Ukrainian].
10. Makarenko, M. V. (2014) Kompleksnyi analiz ekonomichnoho efektu vid zhyttievoho tsyклу suchasnoho napivvahonu [Comprehensive analysis of the economic impact of the life cycle of a modern gondola]. *Naukovo-praktychnyi zhurnal «Zaliznychnyi transport Ukrainy» - Scientific and Practical Journal "Railway Transport of Ukraine"*, Vol 5, 107 [in Ukrainian].
11. Moroz, V.I. (2008). Vyznachennia perspektyvnykh napriamkiv udoskonalennia konstrukttsii napivvahoniv vyrobnytstva DP «Ukrspetsvagon» [Determination of the promising direction for improvement of the open car design of SE "Ukrspetsvagon"]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu - Collection of scientific papers UkrDAZT*, 72-81 [in Ukrainian].
12. Kelyrkh, M. (2014) Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry»*, Vol. 6, 64-67 [in English].
13. Fomin, A. V. (2012) The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building. *East European journal of advanced technologies*, Vol. 3/7(57), 32-35 [in English].
14. Fomin, O.V. (2013) Teoretychni osnovy prohramnoho kompleksu vyznachennya ta vykorystannya matematychnykh modeley skladovykh vantazhnykh vahoniv [Theoretical foundations of the software complex for the determination and use of mathematical models of freight wagons]. *Naukovy zhurnal «Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrograds'koho» - Scientific journal "Bulletin of the Kremenchug National University named after Mykhailo Ostrogradsky"*, Vol. 6(83), 87-91 [in Ukrainian].
15. Fomin, O. V. (2015) Vprovadzhennya kruglyh trub v nesuchI sistemi napivvahoniv z zabezpechenniam ratsionalnih pokaznikiv mltsnostI [Introduction of round pipes in the carrier systems of gondolas with the provision of rational indicators of strength]. *Naukoviy zhurnal – «Technologicheskii audit i rezervyi proizvodstva» – Science magazine - "Technological audit and production reserves"*, Vol. 4/1(21), 83-89 [in Ukrainian].

**Дмитрий Волошин, к.т.н., доцент,**  
**(доцент кафедры вагонов Украинского государственного университета**  
**железнодорожного транспорта, г. Харьков),**  
**Игорь Афанасенко,**  
**(старший преподаватель кафедры вагонов Украинского государственного**  
**университета железнодорожного транспорта, г. Харьков)**

#### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВАГОНРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Статья посвящена вопросам оценки эффективности вагоноремонтных предприятий. На текущий момент указанные производственные системы характеризуются низкой надежностью. Наблюдается ухудшение процедур выполнения плановых заданий и снижение качества ремонта вагонов.

Актуальной научно-технической задачей является разработка интегрированного производственного пространства, что позволит использовать основные положения производственной логистики.

**Ключевые слова:** производственная система, динамическая стойкость, эффективность производства, ресурс вагонов, надежность.

*Dmitriy Voloshin, PhD in Technical Sciences, (Associate Professor of Department of Railway vehicles of Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv)*

*Igor Afanasenko (senior lecturer of Department of Railway vehicles of Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv)*

### **EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE OPERATION CAR REPAIR ENTERPRISES**

*Nowadays, the reliability of production systems for repairing freight cars is unsatisfactory. There is a constant decrease in the parametric characteristics of technological processes by time. As a result of the lack of efficient procedures for rolling stock renewal, insufficient implementation of advanced technologies and approaches to the organization of production, repair of freight cars is characterized by poor quality. Aging of fixed assets of enterprises, which takes place in crisis conditions with the provision of material and financial resources, contributes to the deterioration of the general situation in production.*

*The most accessible and productive stage of development repair enterprises is the application of approaches to industrial logistics. But they need to maintain production systems at the specified levels of reliability and dynamic stability. Therefore, there is an urgent task of developing a method for evaluating their reliability.*

*Modern cars repairs relate to a class of complex organizational systems that have variable parametric characteristics in time. The peculiarity of their functioning is the relative impossibility of treating failures in the system of categories "working-faulty" or "workable-unworkable".*

*The article considers questions of the efficiency evaluation of production systems on the basis of determining the coefficient completeness of the renewal wagon resource. The specified characteristic allows us to determine the real state of the technological system and develop measures to optimize the production space.*

**Keywords:** *production system, dynamic stability, production efficiency, cars resources, reliability.*