

Український державний університет залізничного транспорту  
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ЯКОВЛЕВ СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 656.07


## ДИСЕРТАЦІЯ

### ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Спеціальність 05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів  
273 – Залізничний транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

  
\_\_\_\_\_ С.С. Яковлев

Науковий керівник

КРАШЕНІНІН Олександр Семенович,  
доктор технічних наук, професор

Харків – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Яковлев С.С.* Формування адаптивної системи утримання прискореного рухомого складу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.07 – «Рухомий склад залізниць та тяга поїздів» (273 – Залізничний транспорт). – Український державний університет залізничного транспорту, МОН України, Харків, 2021.

Дисертація присвячена формуванню адаптивної системи утримання, яка дозволить підвищити експлуатаційну надійність і ефективність використання ПРС, який уже працює в АТ «Укрзалізниця» та ще буде поставлений у рамках програми оновлення залізничного РС.

Проведено аналіз надійності основного обладнання електропоїздів HRCS2 «Hyundai Rotem», EJ675 Škoda Transportation. Як показали дослідження щодо аналізу основних показників роботи й надійності електропоїздів, показники надійності основних видів обладнання поїздів мають низькі значення і не відповідають вимогам нормативних документів. Це стосується струмоприймачів, компресора, тягового обладнання та деякого іншого обладнання. На жаль, два електропоїзди EJ 675 не експлуатуються (з грудня 2018 року перший та з січня 2019 року другий). Основною причиною припинення експлуатації цих електропоїздів EJ 675 стала відсутність належної організації сервісного обслуговування.

Наукова новизна полягає в розробці актуального наукового завдання формування адаптивної системи утримання ПРС, який експлуатується в АТ «Укрзалізниця», шляхом урахування технічного стану ПРС та вдосконалення технології взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників запасних частин.

Вперше:

– сформовано оптимізаційну модель адаптивної системи утримання ПРС у залежності від експлуатаційних витрат і доходів від діяльності;

– встановлено залежність коефіцієнта готовності ПРС від технологічних потужностей ремонтного виробництва та характеру відмов обладнання ПРС.

Набуло подальшого розвитку:

– визначення впливу зміни резервів пропускнуої спроможності ремонтного господарства з урахуванням визначення оптимальної кількості ремонтних бригад, що дає можливість досягти необхідного рівня готовності та скоротити час простою на ТО та ПР;

– дослідження з обґрунтування необхідності універсальності ремонтного оснащення при організації ремонту ПРС;

– кореговані підходи щодо визначення оптимальної взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників запасних частин.

Практичне значення одержаних результатів полягає в утворенні теоретичної основи системного підходу при формуванні адаптивної системи утримання ПРС. Вирішені задачі дозволили: науково обґрунтувати формування адаптивної системи утримання ПРС, який працює в АТ «Укрзалізниця»; визначити чинники, що впливають на забезпечення універсальності потужностей ремонтного господарства депо ПРС для створення можливості проведення ремонтних заходів для ПРС не тільки приписного парку депо; провести формування дислокації регіональних СЦ і закріплення за ними депо ПРС з надання їм відповідних послуг, у тому числі й в забезпеченні запасними частинами; оцінити надійність роботи ремонтних підрозділів депо з ремонту ПРС за критерієм оптимальної кількості ремонтних бригад, необхідних для забезпечення виконання ТО, ПР приписного парку ПРС, а також ПРС з інших депо.

Результати, одержані при виконанні дисертаційної роботи, доповідалися й отримали схвалення на засіданнях та наукових семінарах УкрДУЗТ. Повністю результати дисертаційної роботи заслухано й схвалено на розширеному засіданні кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ.

За матеріалами дисертаційної роботи опублікована 21 наукова праця, з яких 11 наукових статей – у фахових виданнях, затверджених МОН України, 2 статті – у виданнях інших держав (одну з них включено до бази Scopus), 8 праць апробаційного характеру.

У вступі розкрито актуальність теми дисертації, визначено її мету, завдання, об'єкт, предмет, теоретичну й методологічну основу дослідження, охарактеризовано наукову новизну й практичне значення.

У першому розділі проведено аналіз надійності основного обладнання електропоїздів HRCS2 «Hyundai Rotem», EJ675 Škoda Transportation та сформовані основні напрямки дослідження. Основна увага приділена таким питанням: аналізу основних характеристик надійності сучасного ПРС, який експлуатується в Україні; аналізу особливостей організації системи утримання закордонного РС і ПРС; напрямкам удосконалення системи утримання ПРС в Україні. В умовах загального погіршення технічного стану обладнання ПРС, який уже знаходиться на балансі парку АТ «Укрзалізниця», а також перспективи надходження нового сучасного ТРС необхідно удосконалювати принципи управління технічним станом ТРС.

Природа подій відмов обладнання може бути раптовою та пов'язаною з різними зовнішніми факторами, що обумовлює доцільність переходу до змішаної системи ТО, ПР. Це передбачає необхідність удосконалення діючої планово-попереджувальної системи із запровадженням організації безперервного контролю за зміною стану обладнання ПРС, тобто впровадження системи утримання обладнання ПРС за станом, переходу на принципи сервісу та можливості виконання ТО, ПР РС не тільки свого приписного парку, а й інших депо, а також нові підходи до взаємодії ремонтних господарств депо і постачальників ремонтного фонду для забезпечення універсальності виробництва.

Таким чином, науково-практичним завданням, що вирішується в цьому дослідженні, є вдосконалення системи утримання ПРС шляхом комплексного

підходу до технології утримання, резервування ремонтного обладнання і ремонтних бригад і запровадження принципів сервісу.

У другому розділі наведено теоретичну оцінку ефективності різних систем організації ТО та ПР ПРС з урахуванням доцільності формування адаптивної системи утримання ПРС, обґрунтування необхідності універсальності ремонтного обладнання, формування оптимальних розмірів запасів для ремонтного господарства депо, визначення критерію ефективності експлуатації ПРС та моделювання територіального розміщення СЦ. Як показав досвід деяких депо, за допомогою існуючого ремонтного обладнання й засобів діагностування можлива організація виконання ТО та ПР для ПРС на основі рекомендованих технологій постачальників. Але, з іншого боку, це показало необхідність впровадження адаптивної системи утримання ПРС, а саме: модернізувати ремонтну базу підприємств (локомотивних депо) (стратегія 1); створювати окремі підприємства без залучення існуючої ремонтної інфраструктури для забезпечення ТО, Р ПРС на рівні певного регіону експлуатації цього ПРС (стратегія 2); експлуатувати ПРС без проведення великих видів ремонту, виконання яких покласти на постачальників та заводи-виробники відповідної країни (стратегія 3).

Як показали розрахунки, найбільш прийнятним варіантом на найближчу перспективу є запровадження стратегії 1. У свою чергу це вимагає необхідності нових підходів до формування системи утримання ПРС.

У третьому розділі наведено результати оцінки ефективності адаптивної системи утримання ПРС; аналіз і розрахунки резервів ремонтного обладнання з урахуванням різних законів отримання заявок і часу обслуговування; оптимальних розмірів запасів для ремонтного господарства, моделювання дислокації СЦ на залізниці; ефективності критерію приведених витрат, а також оцінка впливу тимчасового резервування ремонтного обладнання на надійність роботи ПРС та універсальності ремонтного господарства депо.

На підставі запропонованої цільової функції проведена оцінка адаптивної системи утримання ПРС HRCS2 Hyundai Rotem, яка вказує на економічну ефективність запропонованої адаптивної системи.

Визначено чинники, що впливають на забезпечення універсальності потужностей ремонтного господарства депо ПРС, і зону ефективності переходу на запровадження універсального обладнання в систему утримання ПРС.

Для обслуговування не тільки приписного парку, а й, при необхідності, ПРС з інших депо виникає необхідність мати деякий резерв ремонтних бригад. Це дало підставу на основі положень СМО провести розрахунки кількості виконавців, що проводять ТО, ПР, у залежності від інтенсивності вхідного потоку для різних значень кількості заявок на ТО, ПР

Для обґрунтування закріплення за локомотиворемонтними заводами депо і створення на їх базі СЦ розглянуто й проаналізовано витрати на організацію ТО, ПР на залізницях. Територія залізниць була певним чином розділена на райони (департаменти), на ній наявні технічні об'єкти (депо з локомотивами), у разі відмов яких надсилаються заявки на їх обслуговування. Завдання полягало в побудові таких зон обслуговування, щоб загальне число СЦ на всій території було мінімальним за умови, що якість обслуговування задовольняє заданим вимогам.

У четвертому розділі наведено розрахунок економічної ефективності адаптивної системи утримання ПРС і економії експлуатаційних витрат. Економічна ефективність експлуатаційних витрат від впровадження ПРС визначається шляхом порівняння капітальних та експлуатаційних витрат при різних варіантах експлуатації. Капітальні вкладення, які враховують у розрахунках при визначенні ефективності впровадження ПРС, складаються з капітальних вкладень у локомотивний парк, інфраструктуру локомотивного господарства, що передбачає переоснащення депо. Сумарний ефект від скорочення витрат на ТО, ПР-1 та експлуатацію ПРС за період п'яти років за розрахунками повинен скласти 950,8 млн. грн.

*Ключові слова:* адаптивна система утримання, прискорений рухомий склад, експлуатаційна надійність, ремонтне господарство

## **ABSTRACT**

*Yakovlev S.S.* Formation of an adaptive system of accelerated rolling stock maintenance. – On the rights of manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences (Ph.D. – Doctor of Philosophy) in Specialty 05.22.07 – The railways rolling stock and trains traction (273 – Transport). – Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The thesis is devoted to the formation of an adaptive maintenance system which will increase the operational reliability and efficiency of the use of accelerated rolling stock which already works in JSC "Ukrzaliznytsia" and will be delivered as part of the program of renewal of railway rolling stock.

The reliability analysis of the main equipment of electric trains HRCS2 "Hyundai Rotem", EJ675 Škoda Transportation is carried out. According to studies on the analysis of the main indicators of electric trains work and reliability, the indicators of reliability of the main types of train equipment are low and do not meet the requirements of certain regulations. This applies to electric current collectors, compressors, traction equipment and some other equipment. Unfortunately, two EJ 675 electric trains are not in use (the first one is from December 2018 and the second one is from January 2019). The main reason for this was the lack of proper repair service organization.

The scientific novelty consists of developing a relevant scientific task of forming an adaptive system of accelerated rolling stock maintenance which is operated in JSC "Ukrzaliznytsia" by taking into account the technical condition of accelerated rolling stock and improving the technology of interaction of repair facilities, manufacturers and spare parts suppliers.

For the first time:

- the optimization model of the adaptive system of the accelerated rolling stock maintenance is formed depending on operating costs and incomes from activity;

- the dependence of the coefficient of readiness of the accelerated rolling stock on the technological capacities of repair production and the nature of the accelerated rolling stock equipment failures is established.

Further developed:

- determining the impact of changes in the reserves of repair facility throughput taking into account the optimal number of repair crews which makes it possible to achieve the required level of readiness and reduce downtime for maintenance and repair;

- research on justification of necessity of repair equipment universality during the accelerated rolling stock repair organization;

- adjusted approaches to determine the optimal interaction of depot repair facilities, manufacturers and spare parts suppliers.

The practical significance of the obtained results lies in the formation of the theoretical basis of the system approach in the formation of an adaptive system of accelerated rolling stock maintenance. The solved problems allowed: to scientifically substantiate the formation of an adaptive system of accelerated rolling stock maintenance which works in JSC "Ukrzaliznytsia"; to determine factors influencing the universality of the depot repair facility capacities of accelerated rolling stock in order to create the possibility of carrying out repair measures for the accelerated rolling stock and not only the registered depot; to carry out the location formation of regional service centers and assigning to them the depots of accelerated rolling stock, and provide them of all kinds of services, including spare parts; to evaluate the reliability of depot repair units work for the criterion of the optimal number of repair crews required for securing of technical service maintenance, current repair of the registered accelerated rolling stock as well as accelerated rolling stock from other depots.



The results obtained during the thesis writing were reported and approved at meetings and scientific seminars of the Ukrainian State University of Railway Transport. The full results of the thesis were heard and approved at the extended meeting of the Department of Operation and Repair of Rolling Stock of the Ukrainian State University of Railway Transport.

21 scientific works were published based on the thesis materials. 11 of them were published in the specialized editions approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine. 2 articles were published in other countries (one of them was included to the Scopus database), 8 are approbation works.

The introduction reveals the relevance of the thesis, defines its purpose, objectives, object, subject, theoretical and methodological basis of the study, describes the scientific novelty and practical significance.

The first chapter analyzes the reliability of the main equipment of electric trains HRCS2 "Hyundai Rotem", EJ675 Škoda Transportation and forms the main areas of research. The main attention is paid to the following issues: analysis of the main characteristics of the reliability of modern accelerated rolling stock used in Ukraine; analysis of the organization of the foreign rolling stock and accelerated rolling stock maintenance system; directions of improvement of the accelerated rolling stock maintenance system in Ukraine. In terms of general deterioration of the technical condition of the accelerated rolling stock equipment which is already on balance of JSC "Ukrzaliznytsia" and also perspectives for the arrival of a new modern traction rolling stock it is necessary to improve principles of management of a technical condition of the accelerated rolling stock.

The nature of equipment failures can be sudden and associated with various external factors which makes it appropriate to switch to a mixed system of maintenance and repair. This implies the need to improve the existing planning and warning system with the establishment of continuous monitoring of accelerated rolling stock equipment condition, i.e. the implementation of a system of accelerated rolling stock equipment maintenance, transition to the principles of service and maintenance of not only registered rolling stock but also from other

depots, as well as new approaches to the interaction of repair facilities and spare parts suppliers in order to provide the universality of production.

Thus, the scientific and practical task to be solved in this thesis is to improve the system of maintenance of accelerated rolling stock by a comprehensive approach to the technology of maintenance, reservation of repair equipment and repair crews and the implementation of repair service principles.

The second chapter provides a theoretical assessment of the effectiveness of various systems for service organization and repair of accelerated rolling stock, taking into account the expediency of forming an adaptive system for accelerated rolling stock maintenance, justification of the need for universal repair equipment, formation of optimal stocks for repair facilities, determination of the criterion of the accelerated rolling stock operation efficiency and modeling of territorial location of service centers. As the experience of some depots showed, with the help of existing repair equipment and diagnostic tools it is possible to organize maintenance and repair for accelerated rolling stock based on the recommended technologies of suppliers. But on the other hand it showed the need to implement an adaptive system of accelerated rolling stock maintenance, namely: to update the repair basis of enterprises (locomotive depots) (strategy 1); to create separate enterprises without involving the existing repair infrastructure to provide maintenance and repair of accelerated rolling stock at the level of a certain region of operation of this accelerated rolling stock (strategy 2); operate the ARS without major repairs which are entrusted to suppliers and manufacturers of the country (strategy 3).

As calculations have shown, the most acceptable option for the near future is the implementation of strategy 1. This requires the need for new approaches to the formation of a system of accelerated rolling stock maintenance.

The third chapter presents the effectiveness of the evaluating results of the accelerated rolling stock adaptive maintenance system; analysis and calculation of repair equipment reserves taking into account the different laws of receiving applications and service time; optimal sizes of stocks for repair facilities, modeling

of service centers location on the railway; efficiency of the given expenses criterion and also an influence estimation of temporary reservation of the repair equipment on reliability of the accelerated rolling stock work and universality of repair facilities.

Based on the proposed target function, the evaluation of the adaptive system of HRCS2 Hyundai Rotem maintenance was held which indicates the economic efficiency of the proposed adaptive system.

The factors were defined which influence the universality of the capacities of the accelerated rolling stock repair facility and the area of transition efficiency to the implementation of universal equipment in the system of maintenance of accelerated rolling stock.

There is a need to have some reserve of repair crews for service of not only registered rolling stock but also if necessary accelerated rolling stock from other depots. This gave grounds to calculate the number of contractors performing maintenance, current repairs, depending on the intensity of the input flow for different values of the number of requests for maintenance, current repairs, based on the provisions of the queuing system.

The expenses for the organization of maintenance and current repairs on the railways were considered and analyzed to justify the assignment of locomotive repair depots and creation of service centers on their basis. The territory of the railways was divided into districts (departments), there are technical objects (depot with locomotives), and applications for their repair are sent in case of their failure. The task was to build such repair areas so that the total number of service centers throughout the territory was minimal, provided that the quality of service meets the specified requirements.

The fourth chapter presents the calculation of the economic efficiency of the adaptive system of accelerated rolling stock maintenance and operating costs savings. The economic efficiency of operating costs from the implementation of accelerated rolling stock is determined by comparing capital and operating costs for different operating options. Capital investments which are taken into account

during the calculations of the implementation of accelerated rolling stock effectiveness consist of capital investments in the locomotive depot, the infrastructure of the locomotive industry, which involves the re-equipment of the depot. The total effect of the reduction of maintenance costs, current repairs of the first volume and operation of accelerated rolling stock for a period of five years is estimated at 950.8 million UAH.

*Keywords:* adaptive restraint system, accelerated rolling stock, operational reliability, repair facilities.

### Список публікацій здобувача

#### ***Основні наукові праці:***

1. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Пономаренко О.В. Визначення стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів у післянормативний період. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*: Харків, 2017. № 167. С. 25-33.

2. Крашенінін О.С., Яковлев С.С. Оцінка конкурентоспроможності швидкісного рухомого складу українського виробництва. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*: Харків, 2017. № 174. С. 96-105.

3. Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. Забезпечення ремонтного господарства депо оптимальним розміром запасів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Сєверодонецьк, 2017. № 3. С. 95-100.

4. Ровенський О.І., Зюмбровський О.В., Яковлев С.С. Оцінка працездатності об'єктів рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту за результатами прямих вимірювань. *Надійність та менеджмент якості. Залізничний транспорт України*. Київ, 2017. № 4. С. 46-51.

5. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Шапатіна О.О. Вплив організації технічного обслуговування на ефективність експлуатації тягового рухомого

складу. *Транспортні системи і технології*. Київ: ДУІТ, 2018 № 32. С. 103-114.

6. Крашенінін О.С., Клименко О.В., Яковлев С.С., Шапатіна О.О. Обґрунтування маневреності ремонтного господарства локомотивного депо. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*: Харків, 2018. № 181. С. 15-23.

7. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Шапатіна О.О., Турубара О.О. Територіальне закріплення локомотивних депо за сервісними центрами. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. № 5. С.10-22.

8. Яковлев С.С. Забезпечення технологічної надійності роботи підрозділів ремонтного господарства локомотивного депо. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків: УкрДУЗТ, 2019 № 4. С. 27-39.

9. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Шапатіна О.О. Дослідження впливу тимчасового резервування на надійність обладнання локомотивів. *Транспортні системи і технології*. Київ: ДУІТ, 2019 № 34. С. 4-18.

10. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Задесенець В.І. Обґрунтування критерію ефективності експлуатації локомотивів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2020, № 4. С 10-14.

11. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Шапатіна О.О. Обґрунтування стратегії організації технічного обслуговування, поточного ремонту швидкісного рухомого складу в умовах України. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2021, № 3. С 7-11.

***Публікації у виданнях інших держав:***

12. Krashenin O., Klymenko O., Ponomarenko O., Yakovlev S. (2018) Justification of statutory service life extension of locomotives on the basis of theory of aging. *International Journal of Engineering & Technology*. № 7 (43). P. 174-178.(видання індексується в базі Scopus).

13. Крашенинин А.С., Шапатина Е.А., Яковлев С.С. Оценка годности оборудования локомотивов при достижении посленормативного срока эксплуатации. *World science. Poland. Warsaw*, 2019, № 4 (44) Vol.1, С.16-29.

***Праці апробаційного характеру:***

14. Крашенинін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. Перспективи розвитку сервісного обслуговування рухомого складу в умовах ремонтних депо і підприємств України. Тези доповідей 79-ої міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 25-27 квітня 2017 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. № 169 (додаток). С. 55-56

15. Крашенинін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. Визначення стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів у після нормативний період. Тези доповідей 79-ої міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 25-27 квітня 2017 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. № 169 (додаток). С. 66-68.

16. Krashenin O., Ponomarenko O., Yakovlev S. Provision of the maintenance service of the depot with the optimal size of repair stocks. *Globalization of scientific and educational space/ Innovations of the transport. Problems, experience, prospects. Theses of the international scientific conference on May 3-12, 2017, Dresden (Germany)-Paris (France).-Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. 2017. P96-97.

17. Крашенинін О.С., Яковлев С.С., Пономаренко О.В. Оцінка конкурентоспроможності швидкісного рухомого складу українського виробництва. *Енергооптимальні технології, логістика та безпека на транспорті: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. (Львів 18-19 червня 2018 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2018.С. 59-60.

18. Крашенінін О.С., Яковлев С.С. Територіальне закріплення локомотивних депо за сервісними центрами. Тези стендових доповідей та виступів учасників 30-ої міжнародної конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». (м. Харків, 24-26 жовтня 2018 р.) *Науково-технічний журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті»*. 2018. № 4 (додаток). С. 36-37.

19. Крашенінін О.С., Шапатіна О.О., Яковлев С.С. Обґрунтування системи утримання локомотивів при продовженні терміну експлуатації понад нормативний. *Актуальні питання сучасної науки* (частина II): V Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ 21-22 квітня 2019 р.). Київ: МЦНД, 2019. С. 24-25.

20. Крашенінін О.С., Шапатіна О.О., Яковлев С.С. Оцінка впливу тягово-енергетичних характеристик локомотивів на потужності ремонтного господарства *Транспорт і логістика: проблеми та рішення: Збірник наукових праць за матеріалами ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Северодонецьк – Одеса – Вільнюс – Київ (22-24 травня 2019 р.)* Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. С. 79-81.

21. Бутько Т.В., Крашенінін О.С., Обозний О.М., Яковлев С.С. Впровадження ефективної системи утримання прискореного рухомого складу в умовах України *Прогресивні технології засобів транспорту* Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції (23-24 вересня 2021 р.) Харків – Миргород: УкрДУЗТ, 2021. С.59-60.

## ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	18
ВСТУП	19
РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ПІДХОДІВ З ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ТО, ПР ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	
1.1 Характеристики техніко-економічних показників сучасного ШРС	25
1.2 Аналіз досвіду організації системи утримання закордонного ШРС	27
1.2.1 Особливості організації ТО, ПР ШРС в азійських країнах	30
1.2.2 Аналіз організації ТО, ПР ШРС в Європейських країнах	31
1.3. Аналіз надійності основного обладнання електропоїздів HRCS2 «Hyundai Rotem», EJ675 Skoda Transportation	37
1.4 Перспективи використання ПРС в умовах України	38
1.5 Напрямки удосконалення системи утримання ПРС	40
1.6. Техніко-економічна ефективність ТО і Р	43
Висновки до розділу I	47
РОЗДІЛ II. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ УКРАЇНИ	
2.1 Оцінка ефективності різновидів організації ТО, ПР для ПРС	48
2.2 Обґрунтування системи утримання ПРС в умовах АТ «Укрзалізниця»	53
2.3 Формування адаптивної системи утримання прискореного рухомого складу	55
2.4 Обґрунтування універсальності ремонтного господарства депо	58
2.5 Обґрунтування резервів ремонтного господарства депо.	62
2.6 Моделювання територіального розміщення сервісних центрів	69
2.7 Вибір параметрів оцінки можливого резервування роботи обладнання ПРС	75
2.8 Обґрунтування оптимальних розмірів запасів для ремонтного господарства	80



2.9 Обґрунтування критерію ефективності експлуатації ТРС	83
Висновки до розділу II	86
РОЗДІЛ III. ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ПРС	
3.1 Розрахунок показників надійності для різних законів відмов і часу відновлення	88
3.2 Моделювання системи утримання ПРС	93
3.3 Розрахунки витрат при адаптивній системі утримання ПРС	95
3.4 Оцінка універсальності ремонтного господарства депо	105
3.5 Розрахунок резервів ремонтного господарства депо	111
3.6 Результати моделювання дислокації сервісних центрів на залізниці	120
3.7 Оцінка впливу тимчасового резервування на надійність обладнання ТРС	132
3.8 Розрахунок оптимальних розмірів запасів для ремонтного господарства депо	139
3.9 Визначення критерію ефективності експлуатації ТРС	145
Висновки до розділу III	150
РОЗДІЛ IV. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРС НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	153
Висновки до розділу IV	163
ВИСНОВКИ	164
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	166
ДОДАТОК А Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації	187
ДОДАТОК Б Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	192

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

1. ISO – Міжнародна організація по стандартизації;
2. ITIL – Information Technology Infrastructure Library;
3. JNR – «Японські національні залізниці»;
4. JR – група з 9 японських приватних залізничних підприємств, які утворилися на базі державної компанії «Японські національні залізниці»;
5. SBB – Федеральні залізниці Швейцарії;
6. SLA – Service Level Agreement;
7. SNCF – Національне товариство залізниць Франції;
8. АТ «Укрзалізниця» (Товариство, залізнична компанія) – акціонерне товариство «Українська залізниця» з 31.10.2018 р., публічне акціонерне товариство «Українська залізниця» з 25.06.2014 р., є правонаступником усіх прав і обов'язків державної адміністрації залізничного транспорту Укрзалізниці та підприємств залізничного транспорту;
9. ЖЦ – життєвий цикл;
10. КР – капітальний ремонт;
11. НР – позаплановий ремонт;
12. ПАТ «КВБЗ» – ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»;
13. ПРС – прискорений рухомий склад;
14. Р – ремонт;
15. РС – рухомий склад;
16. СМЯ – система менеджменту якості;
17. СЦ – сервісний центр;
18. ТО – технічне обслуговування;
19. ТРС – тяговий рухомий склад;
20. УЗШК – Українська залізнична швидкісна компанія;
21. Цикл PDCA – принцип постійного поліпшення;
22. ШР – швидкісний рух;
23. ПРС – прискорений рухомий склад.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У теперішній час Україна активно впроваджує швидкісний рух. Це обумовлює необхідність створення відповідної сучасної ремонтної інфраструктури для утримання прискореного рухомого складу (ПРС), який насичений наукоємним обладнанням. На фоні загального скорочення обсягів перевезень в Україні й існування надлишків локомотивних депо та їхніх ремонтних потужностей постає задача вибору варіантів: або переобладнання існуючих ремонтних потужностей на базі локомотивних депо для обслуговування ПРС, або побудови повністю нових ремонтних сервісних центрів (СЦ), або виконання великих видів ремонту на потужностях виробника (постачальника) ПРС у відповідній країні.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р схвалено Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року. У рамках цієї стратегії стоять завдання розробки та виконання програми оновлення залізничного рухомого складу (РС), у тому числі для високошвидкісних пасажирських перевезень. Цей факт обумовлює необхідність впровадження відповідних сучасних принципів управління технічним станом РС.

Таким чином, актуальним є наукове завдання щодо формування адаптивної системи утримання, яка дозволить підвищити експлуатаційну надійність і ефективність використання ПРС, який уже працює в АТ «Укрзалізниця» та ще буде поставлений у рамках програми оновлення залізничного РС.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р, Стратегії АТ «Укрзалізниця» на 2019-2023 роки, а також науково-дослідної роботи, у якій

автор брав безпосередню участь як виконавець, за темою: «Розробка підходів до формування стратегії технічного обслуговування, поточного ремонту тягового рухомого складу з урахуванням переходу на сервіс» (ДР № 0119U102455).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування необхідності формування адаптивної системи утримання ПРС, що використовується в АТ «Укрзалізниця», яка дозволить підвищити експлуатаційну надійність і ефективність використання ПРС.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання дослідження:

- дослідити та визначити основні показники роботи та надійності ПРС;
- формалізувати систему утримання ПРС з урахуванням її адаптації до технічного стану РС та удосконалення технології взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників запасних частин;
- визначити технологію оптимальної взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників запасних частин;
- визначити вплив організації технічного обслуговування (ТО) обладнання ПРС на надійність його експлуатації при різних законах розподілу відмов;
- сформувати дислокацію регіональних СЦ і закріпити за ними депо ПРС;
- провести дослідження та оцінку надійності роботи ремонтних підрозділів депо ПРС за критерієм оптимальної кількості ремонтних бригад для забезпечення виконання ТО, поточного ремонту (ПР) приписного парку ПРС і ПРС з інших депо;
- визначити чинники, які впливають на забезпечення універсальності обладнання ремонтного господарства депо для створення можливості проведення ремонтних заходів для ПРС не тільки приписного парку депо, а й ПРС з інших депо;

- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованої адаптивної системи утримання.

*Об'єкт дослідження* – система утримання прискореного рухомого складу.

*Предмет дослідження* – прискорений рухомий склад.

**Методи дослідження.** При вирішенні окремих задач і виконанні досліджень використовувалися сучасні математичні методи та положення таких теорій: імовірності та математичної статистики, надійності, масового обслуговування та інших. Методи теорії надійності використано для визначення впливу організації ТО на надійність і ефективність експлуатації ПРС. Методи теорії ймовірності та математичної статистики використано: при вивченні впливу організації ТО при різних законах розподілу відмов на ефективність експлуатації ПРС; при дослідженні впливу тимчасового резервування ремонтного обладнання на надійність ПРС; при визначенні нових підходів до забезпечення ремонтного господарства депо оптимальним розміром запасів. Методи теорії масового обслуговування використані при моделюванні територіального розміщення СЦ, а також при розрахунку ефективності ремонтного господарства депо за рахунок створення резервних ремонтних бригад.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна полягає в розробці актуального наукового завдання формування адаптивної системи утримання ПРС, який експлуатується в АТ «Укрзалізниця», шляхом урахування технічного стану ПРС та вдосконалення технології взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників запасних частин.

*Вперше:*

- сформовано оптимізаційну модель адаптивної системи утримання ПРС у залежності від експлуатаційних витрат і доходів від діяльності;
- встановлено залежність коефіцієнта готовності ПРС від технологічних потужностей ремонтного виробництва та характеру відмов обладнання ПРС.

*Набуло подальшого розвитку:*

- визначення впливу зміни резервів пропускнуої спроможності ремонтного господарства з урахуванням визначення оптимальної кількості ремонтних бригад, що дає можливість досягти необхідного рівня готовності та скоротити час простою на ТО та ПР;
- дослідження з обґрунтування необхідності універсальності ремонтного оснащення при організації ремонту ПРС;
- кореговані підходи щодо визначення оптимальної взаємодії ремонтних господарств депо, виробників і постачальників запасних частин.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати та рекомендації утворюють теоретичну основу системного підходу при формуванні адаптивної системи утримання ПРС. Вирішені задачі дозволили: науково обґрунтувати формування адаптивної системи утримання ПРС, який працює в АТ «Укрзалізниця»; визначити чинники, що впливають на забезпечення універсальності потужностей ремонтного господарства депо ПРС для створення можливості проведення ремонтних заходів для ПРС не тільки приписного парку депо; провести формування дислокації регіональних СЦ і закріплення за ними депо ПРС з надання їм відповідних послуг, у тому числі й в забезпеченні запасними частинами; оцінити надійність роботи ремонтних підрозділів депо з ремонту ПРС за критерієм оптимальної кількості ремонтних бригад, необхідних для забезпечення виконання ТО, ПР приписного парку ПРС, а також ПРС з інших депо.

**Особистий внесок здобувача.** У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належить:

- [1, 19, 15] – обробка результатів і визначення числа відновлень устаткування ПРС протягом деякого напрацювання;
- [2, 17] – обробка результатів щодо визначення конкурентоспроможності ПРС на підставі визначення вагових характеристик, споживчих та вартісних показників сучасного ПРС;

[3, 16] – визначення стратегії формування запасів для забезпечення ремонту;

[4] – обробка і опрацювання результатів вимірювання для оцінки працездатності ПРС;

[5] – визначення параметрів надійності для оцінки організації ТО ПРС;

[6] – методика прийняття рішення щодо адаптації ремонтного господарства депо до реальних ситуацій з надання ремонтних послуг;

[7, 18,14] – оцінка потужностей ремонтних підрозділів депо для закріплення за ними регіональних СЦ;

[9] – обробка статистичного матеріалу та результатів дослідження;

[10] – визначення ідеї обґрунтування критерію ефективності експлуатації локомотивів, у якості якої прийнятий приведений коефіцієнт ефективності;

[11] – обробка статистичного матеріалу та результатів дослідження;

[12] – моделювання варіантів організації системи ремонту (Р) і організації ТО при перевищенні встановленого терміну служби локомотивів;

[13, 20] – опрацьована критеріальна оцінка варіантів ТО, ПР при подовженні післянормативного періоду експлуатації РС;

[21] – проведено розрахунки згідно запропонованої оптимізаційої математичної моделі адаптивної системи утримання ПРС.

Дослідження, що висвітлені в усіх наукових працях, проводилися в УкрДУЗТ.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях: 79-й міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, 25-27 квітня 2017 р.); International scientific conference «Globalization of scientific and educational space/ Innovations of the transport. Problems, experience, prospects» (Dresden (Germany)-Paris(France), on May 3-12, 2017); міжнародній науково-практичній конференції «Енергооптимальні технології, логістика та безпека на

транспорті» (Львів 18-19 червня 2018 р.); 30-й міжнародній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (Харків, 24-26 жовтня 2018 р.); V-й Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної науки» (Київ, 21-22 квітня 2019 р.); IX-й Міжнародній науково-практичній конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення» (Одеса, 22-24 травня 2019 р.); першій міжнародній науково-технічній конференції «Прогресивні технології засобів транспорту» (Харків – Миргород, 23-24 вересня 2021 р.).

Результати, одержані при виконанні дисертаційної роботи, доповідалися й отримали схвалення на засіданнях та наукових семінарах УкрДУЗТ. Повністю результати дисертаційної роботи заслухано й схвалено на розширеному засіданні кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опублікована 21 наукова праця, з яких 11 наукових статей – у фахових виданнях, затверджених МОН України, 2 статті – у виданнях інших держав (одну з них включено до бази Scopus), 8 праць апробаційного характеру.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, опису використаних джерел і додатків. Повний обсяг тексту дисертації становить 194 сторінки, обсяг основного тексту становить 150 сторінок. Робота містить 26 рисунків, 32 таблиці, список використаних джерел містить 198 найменувань, 2 додатки.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alinovi A., Bottani E., Montanari R. [Reverse Logistics: A stochastic EOQ-based inventory control model for mixed manufacturing/remanufacturing systems with return policies](#). *International Journal of Production Research*. 2012. 50 (5), P. 1243–1264.
2. Аболмасов А.А. Статистические методы проверки достоверности исходных данных при диагностировании подвижного состава. *Транспортная инфраструктура Сибирского региона: труды пятой международной научно-практической конференции*, г. Иркутск : ИрГУПС, 2014. С. 542–548.
3. Авдонькин, Ф. Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей Москва: Транспорт, 1985. – 215 с.
4. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики. Киев: НАУ, 2004. 164 с.
5. Айзинбуд С.Я., Гутковский В.А., Кальперис П.И. и др. Локомотивное хозяйство. Москва: Транспорт, 1986. 263 с.
6. Алдохин И.П. Теория массового обслуживания в промышленности. Москва: Экономика, 1970. 207 с.
7. Александровская Л.Н., Афанасьева А.П., Лисов А.А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем. Москва: Логос, 2003. 208 с.
8. Антоненко И.Н. Автоматизация управления ремонтом тягового подвижного состава. *Железнодорожный транспорт*. 2005. № 9. С. 52 – 55.

9. Бабков Ю.В., Перминов В.А., Белова Е.Е. Принципы усовершенствования системы технического обслуживания и ремонта тепловозов 2ТЭ25А. *Локомотив*. 2013. № 9. С. 34 – 36.
10. Байнхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. Москва: Радио и связь, 1988. 392 с.
11. Белинский А.А. Лакин И.К., Аболмасов А.А. Принцип «Встроенное качество» в информационных системах локомотиворемонтного комплекса. *Бюллетень результатов научных исследований*. 2015. № 3-4. С. 13 –28.
12. Беллман Р.Э. Динамическое программирование. Перевод с англ. под редакцией Н.Н. Воробьева. Москва: Издательство иностранной литературы. 1960. 420 с.
13. Беллман Р.Э., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Перевод с англ. под редакцией А.А. Первозванского. Москва: «Наука» Главная редакция физико-математической литературы. 1965. 460 с.
14. Боднар Б.Є., Капіца М.І. Обґрунтування критерію ефективності функціонування ремонтного підрозділу депо промислового підприємства. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* (19.04 - 20.04.2012) : тези доповідей 72 Міжнародної науково-практичної конференції : Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені В. Лазаряна. 2012. С. 12
15. Боднар Б.Є., Капіца М.І., Коренюк Р.О. Структурно-функціональний аналіз системи ремонту рухомого складу промислових підприємств : *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. - Дніпропетровськ, 2012. Вип. 42. С. 70-79.
16. Бочаров В.М., Кузнецов С.М. Использование информации АПК «Борт» для изменения периодичности технического обслуживания (ТО-3) и текущего ремонта 150 маневровых тепловозов. *Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного*

- подвижного состава* : труды всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омск: ОмГУПС, 2011. С. 227–233
17. Буше Н.А. Некоторые соображения о технической политике в области эксплуатационной надежности . *Железные дороги мира*. 2006, № 7. С. 27 – 30.
  18. Вагнер С. Основы исследования операций. Москва: Мир, 1973. Том 3. 501 с.
  19. Васілевський О.М., Поджаренко В.О. Нормування показників надійності технічних засобів. Вінниця : ВНТУ, 2010. 129 с.
  20. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Изд. Наука, 1969, 564 с.
  21. Власенко К.В., Грудкіна Н.С. Надійність технічних систем: методичні рекомендації до самостійної роботи студентів денної і заочної форм навчання за спеціальністю «Інформаційні технології проектування». Краматорськ: ДДМА, 2016. 41 с.
  22. Воробьев А.А. Оптимизация периодичности и объёмов плановых ремонтов ЭПС и прогнозирование его технического состояния: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. – Москва, 1992. 362 с.
  23. Воротилкин А.В. Преобразования локомотивного комплекса фундамент успешного развития. *Локомотив*. 2015. № 2. С. 2–3.
  24. Высокоскоростной наземный транспорт по странам. URL [https://ru.wikipedia.org/wiki/Высокоскоростной\\_наземный\\_транспорт\\_по\\_странам](https://ru.wikipedia.org/wiki/Высокоскоростной_наземный_транспорт_по_странам)
  25. Гапанович В.А., Замышляев А.М., Шубинский И.Б. Некоторые вопросы управления ресурсами и рисками на железнодорожном транспорте на основе состояния эксплуатационной надежности и безопасности объектов и процессов. *Надежность*. 2011. № 1(36). С. 2– 8.
  26. Гнеденко Б.В., Ханчин А.Я. Элементарное введение в теорию вероятности. Москва: Наука, 1967. 406 с.
  27. Головаш А.Н. Проблемы и решения сервисного обслуживания локомотивов. *Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов*

: труды первой международной научнопрактической конференции. Москва: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. С.141–143.

28. Горский А.В., Воробьёв А.А., Скребков А.В. Стратегия интеллектуального ремонта локомотивов. *Локомотив*. Москва: 2012, № 7. С. 56 - 59.

29. Горский А.В., Козырев В.А., Скребков А.В. Оптимизация сроков ремонта на основе интенсивности отказов. *Мир транспорта*. 201№ 5. С. 16 – 18.

30. Горюнова В. Кайдзен – система непрерывных улучшений. URL: <http://www.vigorconsult.ru/resources/kaydzen-sistema-nepreryivnyih-uluchsheniy/>

31. Грачев В.В., Валиев М.Ш. Оценка технического состояния тепловозного дизеля по данным бортовой микропроцессорной системы управления. *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2010, №1. С. 22 – 32.

32. Гриненко В.И., Аболмасов А.А., Мельников В.А. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным их бортовых микропроцессорных систем. *Железнодорожный транспорт*. 2015. № 4. С. 71–74.

33. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання. Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2016. 248 с.

34. Давыдов Ю.А. Моделирование, оптимизация и контроль информационных потоков локомотивного депо. Хабаровск: ДВГУПС, 2001. 116 с.

35. Данько Н.И., Ломотько Д.В., Тартаковский Э.Д., Фалендыш А.П., Калабухин Ю.Е. Обновление подвижного состава с учетом жизненного цикла. *Железнодорожный транспорт*. 2011, №12. С.42-44.

36. Данько Н.И., Тартаковский Э.Д., Ломотько Д.В., Фалендыш А.П., Калабухин Ю.Е. Проблемы обновления подвижного состава железных дорог Украины и пути их совершенствования с учетом жизненного цикла. *Залізничний транспорт України*. 2011. №3. С.22-25.

37. Дацун Ю. М. Визначення ступеню впливу технологічних процесів ремонту на справність вузлів тягового рухомого складу. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. №1/7 (79). С 56-61.
38. Дацун Ю. Оцінка рівня відповідності локомотиворемонтного виробництва. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2017. № 3(69). URL: <http://oaji.net/articles/2017/1555-1501053732.pdf>.
39. Дацун Ю.Н. Выбор стратегии технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе методов нечеткой логики. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2015. № 1. С. 77-80.
40. Дистанционный контроль технического состояния электровозов НЭВЗ. Новочеркасск: Официальный сайт ЗАО «Локомотивные электронные системы» URL: <http://zaoles.ru/>.
41. Ерохин Е.А., Осинцев А.Н. Эволюция систем технического обслуживания и ремонта оборудования. *Организатор производства*. Воронеж, 2009. № 4. С. 37-41.
42. Євроінтеграція. URL <https://mtu.gov.ua/timeline/Evrointegraciya.html>
43. Жалкін Д.С. Удосконалення технології технічного обслуговування маневрових тепловозів. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. Донецьк: ДонІЗТ, 2013. Вип. 36. С.148-152.
44. Житенёв Ю.А. Интеллектуальные системы на службе транспорта. *Локомотив*. Москва: 2010, № 7. С. 6-10.
45. Замышляев А.М. Автоматизация процессов комплексного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорт: автореф. дис. ... доктора тех. наук. Москва. 2013.
46. Замышляев А.М. Технология анализа оценки рисков в эксплуатационной работе ОАО «РЖД» на основе показателей эксплуатационной надежности безопасности. *Ядерные измерительно-информационные технологии*. Москва: 2011 № 2. С. 86-100.

47. Иванова Н.Г. Применение методики расчета стоимости жизненного цикла при оценке эффективности инноваций на железнодорожном транспорте. *Локомотив*. 2007. № 8. С. 12–15.
48. Иньков Ю.М., Феоктистов В.П., Шабалин Н.Г. Эксплуатация и ремонт электроподвижного состава магистральных железных дорог : учеб. пособие : под редакцией Ю.М. Инькова. Москва: МЭИ, 2011. 384 с.
49. Исикава К. Японские методы управления качеством. Москва: Экономика, 1988. 199 с.
50. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
51. Капіца М.І. Оцінка моделей технічного обслуговування та поточних ремонтів тягового рухомого складу при неповній інформації. *Залізничний транспорт України : науково-практичний журнал*. 2013. № 3/4. С. 45-47.
52. Капіца М.І. Оцінка надлишковості в системі ремонту залізничного рухомого складу промислових підприємств. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту (19.04 - 20.04.2012) : тези доповідей 72 Міжнародної науково-практичної конференції : Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені В. Лазаряна*. 2012. С. 13.
53. Капіца М.І., Коренюк Р.О. Комбінована система технічного обслуговування та ремонту локомотивів. *Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта : тези 71 междунар. науч.-практ. конф. (14.04.2011-15.04.2011) : Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, Восточный научный центр транспортной академии Украины*. Днепропетровск, 2011. С. 46-47
54. Качество во главе угла. Официальный сайт газеты «Гудок» URL: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1359942> (дата обращения: 23.12.2016).

55. Киселёв В.И., Гапанович В.А., Лакин И.К. и др. Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава : Учеб. пособие под общей редакцией В.А. Гапановича Москва: ИРИС, 2012. 576 с.
56. Киселёв В.И., Лакин И.И. Опыт сервисного обслуживания локомотивов. *Железнодорожный транспорт*. 2014, № 4. С. 64 – 67.
57. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчёту надёжности аппаратуры радиоэлектроники. Москва: Советское радио, 1975. 472 с.
58. Колегаев Р.Н. Определение оптимальной долговечности технических систем. Москва: Советское радио, 1967. 112 с.
59. Компания Talgo на внутреннем и внешних рынках. *Железные дороги мира*. 2010. №3. С. 36-42.
60. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки. Київ, Укрзалізниця, 2008. 182 с.
61. Комплексная автоматизированная система управления железнодорожным транспортом : под редакцией Петрова А.П. Москва: Транспорт, 1977. 599 с.
62. Комплексная автоматизированная система учёта, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надёжности. Москва: НИИАС. URL:<http://scbist.com/sistemy-centralizacii-iblokirovki/1570-kasant.html>
63. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Москва: Наука, 1978. 832 с.
64. Коссов Е., Бабел М., Шкода М. Анализ стоимости жизненного цикла (LCC) при оценке эффективности подвижного состава. *Вестник ВНИИЖТ*. 2013, № 6. С. 55 – 59.
65. Крашенинин А.С., Шапатина Е.А., Яковлев С.С. Оценка годности оборудования локомотивов при достижении после нормативного срока эксплуатации. *World science*. Poland. Warsaw, 2019, № 4 (44) Vol.1, С.16-29.
66. Крашенінін О. С., Гринів Ю. В., Максимов М. В. Методика оцінки терміну виробництва нового ТРС для заміни експлуатованого ТРС, ресурс

якого наблизився до граничного : *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2012. С. 247-250.

67. Крашенінін О.С. Вибір та оцінка параметрів системи утримання локомотивів. *Північно-східний науковий центр транспортної академії України.* УкрДАЗТ, 2014. Вип. 150. С. 121-124.

68. Крашенінін О.С. Вплив напрацювання локомотивів на коректування періодичності технічного обслуговування та поточного ремонту. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.* Вип. 1, 2015. С. 148-154

69. Крашенінін О.С., Клименко О.В., Яковлев С.С., Шпатіна О.О. [Обґрунтування маневреності ремонтного господарства локомотивного депо.](#) *Збірник наукових праць УкрДУЗТ:* Харків, 2018. № 181. С. 15-23.

70. Крашенінін О.С., Костюченко М.М., Соколенко С.І. Обґрунтування резервів ремонтного господарства при переході на утримання ПРС. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ.* Харків, 2016. Випуск 164. С. 170-177.

71. Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. [Визначення стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів у післянормативний період.](#) *Збірник наукових праць УкрДУЗТ:* Харків, 2017. № 167. С. 25-33

72. Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. Визначення стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів у після нормативний період. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті : Тези доповідей 79-ої міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 25-27 квітня 2017 р.).* *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2017. № 169 (додаток). С. 66-68

73. Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. [Забезпечення ремонтного господарства депо оптимальним розміром запасів.](#) *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.* Сєвєродонецьк, 2017. № 3. С. 95-100.



74. Крашенінін О.С., Пономаренко О.В., Яковлев С.С. Перспективи розвитку сервісного обслуговування рухомого складу в умовах ремонтних депо і підприємств України. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті* : Тези доповідей 79-ої міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 25-27 квітня 2017 р.). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. № 169 (додаток). С. 55-56
75. Крашенінін О.С., Фалендиш А.П., Шапатіна О.О., Одегов М.М. Концепція розвитку і реструктуризації локомотивного депо : *Зб. наук. праць ДонІЗТ*. Донецьк: ДонІЗТ, 2011. С. 133-136.
76. Крашенінін О.С., Харламов О.П. Оцінка ефективності системи подовження терміну служби ТРС більш нормативного і оновлення експлуатаційного парку. *Вісник Східноукраїнського університету ім. Володимира Даля*. Луганськ, 2012, № 3(174). С. 109-113.
77. Крашенінін О.С., Шапатіна О.О., Яковлев С.С. [Обґрунтування системи](#) утримання локомотивів при продовженні терміну експлуатації понад нормативний. *Актуальні питання сучасної науки* (частина II): V Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ 21-22 квітня 2019 р.). Київ: МЦНД, 2019. С. 24-25.
78. Крашенінін О.С., Шапатіна О.О., Яковлев С.С. Оцінка впливу тягово-енергетичних характеристик локомотивів на потужності ремонтного господарства *Транспорт і логістика: проблеми та рішення*: Збірник наукових праць за матеріалами ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Сєвєродонецьк – Одеса – Вільнюс – Київ (22-24 травня 2019 р.) Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. С. 79-81.
79. Крашенінін О.С., Яковлев С.С. [Оцінка конкурентоспроможності швидкісного рухомого складу українського виробництва](#). *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*: Харків, 2017. № 174. С. 96-105.
80. Крашенінін О.С., Яковлев С.С. Територіальне закріплення локомотивних депо за сервісними центрами. *Інформаційно-керуючі системи на*

залізничному транспорті : Тези стендових доповідей та виступів учасників 30-ої міжнародної конференції. (м. Харків, 24-26 жовтня 2018 р.) *Науково-технічний журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті»*. 2018. №4 (додаток). С. 36-37

81. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Пономаренко О.В. [Оцінка конкурентоспроможності швидкісного рухомого складу українського виробництва](#). *Енергооптимальні технології, логістика та безпека на транспорті*: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. (Львів 18-19 червня 2018 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2018.С. 59-60.

82. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Пономаренко О.В. [Визначення стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів у післянормативний період](#). *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*: Харків, 2017. № 167. С. 25-33.

83. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Шапатіна О.О. [Вплив організації технічного обслуговування на ефективність експлуатації тягового рухомого складу](#). *Транспортні системи і технології*. Київ: ДУІТ, 2018 № 32. С. 103-114.

84. Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Шапатіна О.О., Турубара О.О. [Територіальне закріплення локомотивних депо за сервісними центрами](#). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. № 5. С.10-22.

85. Кузнецов, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей [Текст] / Е. С. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1990. – 272 с.

86. Кузнецов Е.С., Сорокин В.А. Исследование работы поточных линий технического обслуживания автомобилей. Москва: Транспорт, 1966, 83 с.

87. Лакин И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратнопрограмных комплексов. Москва: 2016. С. 11-42, 175-178.

88. Лакин И.И., Планово-предупредительный вид ремонта тягового подвижного состава с учётом его технического состояния *Эксплуатационная надёжность подвижного состава* : Материалы второй всероссийской

научно-технической конференции с международным участием. Омск: ОмГУПС, 2013. С. 23 – 27.

89. Лакин И.К. Анализ основных показателей работы железнодорожного транспорта. *Транспорт РФ*. 2007. № 1. С.60 – 63.

90. Лакин И.К. Разработка теории и программно-технических средств комплексной автоматизированной справочно-информационной и управляющей системы локомотивного депо: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 Москва, 1997. 377 с

91. Лакин И.К., Аболмасов А.А., Мельников В.А. Модель управления рисками отказов локомотивов. *Мир транспорта*. 2013. № 4. С. 130 – 136.

92. Лакин И.К., Смирнов Ю.В., Тимченко А.Ю. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством. АСУТ. Москва: ОЦВ, 2002. 516 с.

93. Лебедев Ю.А., Овчинников Ф.Е., Ожаровский В.С. Сетевые модели при ремонте локомотивов. Москва: Транспорт, 1981. 254 с.

94. Лецкий Э.К., Тулупов Л.П., Шапкин И.Н., Самохвалов А.И. и др. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте. Москва: Транспорт, 2005. 407 с.

95. Липа К.В., Белинский А.А., Пустовой В.Н., Лянгасов С.Л., Лакин И.К. и др. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика. Москва: ООО «Локомотивные Технологии», 2015. 212 с.

96. Липа К.В., Гриненко В.И., Лянгасов С.Л., Лакин И.К., Аболмасов А.А., Мельников В.А. Автоматизированная система управления надежностью локомотивов (АСУНТ). Концепция ТМХ-Сервис. Москва: ООО «ТМХ-Сервис», 2012. 160 с.

97. Липа К.В., Гриненко В.И., Лянгасов С.Л., Лакин И.К. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления. Москва: ООО «ТМХ-Сервис», 2013. 156 с.

98. Ломотько Д.В. Методологічний підхід до формалізації процесу функціонування великих динамічних систем залізничного транспорту : *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*: 2007. Т. 85. С. 25-34.
99. Луков Н.М., Космодамианский А.С. Автоматические системы управления локомотивов Москва: ГОУ «Учебнометодический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. 429 с.
100. Макац В.Г., Яковлев С.С. Научные подходы к прогнозированию долговечности сложных технических систем транспорта. *Технические науки — от теории к практике*. Сборник статей по материалам XXXVI международной научно-практической конференции № 7 (32). Новосибирск: «СибАК», 2014. С. 86-93.
101. Мельников В.А., Аболмасов А.А., Лакин И.И. Алгоритмическая защита локомотивов. *Локомотив*. 2015. №3. С. 8 – 10.
102. Митрохин Ю.В., Алферов В.Ю., Катцын Д.В., Лакин И.К. Применение принципа постоянного улучшения на железнодорожном транспорте. Красноярск: ДЦВ Красноярской ж.д., 2010. 64 с.
103. Мозгалеvский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. Москва: Высшая школа, 1975. 207 с.
104. Мямлин В.В., Кутько А.В., Мямлин С.В., Кебал Ю.В. Особенности технического обслуживания и ремонта подвижного состава за рубежом. *Вісник СНУ ім. В. Даля*. 2010, № 5 (147). Частина 2. С. 86-96.
105. Наказ Укрзалізниці від 30.06.2010 р. № 093 – ЦЗ «Про затвердження Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів)».
106. Оголошення про проведення відкритих торгів : Капітальний ремонт в обсязі КР-1 двох електропоїздів EJ 675 Skoda. URL: [https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2019-07-01-001617-b?fbclid=IwAR09PIJ3sV12OZcX8iRS66K86A4F27AapcfgN1jU8xEomTVFWAdAarFCUEg].

107. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики (Применение вычислительных машин в исследованиях и управлении производством). Москва: Энергия, 1976. 464 с.
108. Перспективы оптимизации системы ремонта локомотивов. *Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов.* URL: <http://scbist.com/xx2/46917-11-2015-perspektivy-optimizacii-sistemyremonta-lokomotivov.html>
109. Политика SNCF в области подвижного состава и его технического обслуживания URL: <http://www.zdmira.com/arhiv/2010-god/zdm-2010-no-4#TOC-SNCF->
110. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. 704 с.
111. Пузанков А.Д. Методы расчёта и использования показателей надёжности в эксплуатации. Москва: МИИТ, 2004. 112 с.
112. Пузанков А.Д. Статистические методы обработки выборочных данных наблюдений или экспериментов. Методические указания. Москва: МИИТ, 2000, 52 с.
113. Пузанков А.Д. Управление качеством локомотивного хозяйства. Москва: МИИТ, 2009. 262 с.
114. Ровенський І.О., Зюмбровський О.В., Яковлев С.С. Оцінка працездатності об'єктів рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту за результатами прямих вимірювань. *Надійність та менеджмент якості. Залізничний транспорт України.* Київ, 2017. № 4. С. 46-51.
115. Розенберг В.Я., Прохоров А.И. Что такое теория массового обслуживания. Москва: Советское радио, 1965. 256 с.
116. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p>

117. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 грудня 2004 р. N 979-р «Про схвалення Концепції Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005 - 2015 роки». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-%D1%80>
118. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. Санкт-Петербург: Политехника, 2000. 248 с.
119. СВЛТР. Система мониторинга дислокации и технического состояния электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 (Синара). URL: <http://www.trans-ip.ru/svltr.html>.
120. Семенов А.П., Вайсбурд А.С., Головаш А.Н. На основе средств технического диагностирования и информационных технологий. *Железнодорожный транспорт*. 2012. № 7. С. 58 – 61.
121. Семченко В.В., Лакин И.К., Чмилев И.Е. Эксплуатация и техническое обслуживание электронных систем управления электровозов переменного тока. Красноярск: Издательство дорожного центра внедрения Красноярской железной дороги, 2010. 72 с.
122. Синкансэн – [высокоскоростная сеть железных дорог в Японии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Синкансэн). Материал из Википедии. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Синкансэн>
123. Система Kaizen на железных дорогах Швейцарии. URL: <http://www.zdmira.com/arhiv/2007-god/zdm-2007-no-03>
124. Скоркин В.Б., Аболмасов А.А. К вопросу об ожидании технического обслуживания локомотивов. *Наука МИИТа – транспорту*. Труды XII научнопрактической конференции. Москва: МГУПС, 2011. С. V-2.
125. СТК 1.10.010 Корпоративная интегрированная система менеджмента качества ОАО «РЖД». Термины и определения. Введ. 2009-10-01. Москва: ОАО «РЖД», 2009. 71 с.
126. СТК 1.10.011 Корпоративная интегрированная система менеджмента качества ОАО «РЖД» Основные принципы и положения. Введ. 2009-10-01. Москва: ОАО «РЖД», 2009. 50 с.

127. СТК 1.10.012 Корпоративная интегрированная система менеджмента качества ОАО «РЖД». Модель основных процессов. Введ. 2009-10-01. Москва: ОАО «РЖД», 2009. 50с.
128. СТК 1.10.013 Руководство по применению модели основных процессов. Введ. 2009-10-01. Москва: ОАО «РЖД», 2009. 71с.
129. Стрельников В.Т., Исаев И.П. Комплексное управление качеством технического обслуживания и ремонта электровозов. Москва: Транспорт, 1980, 207 с.
130. Сугак Е.В., Василенко Н.В. Надёжность технических систем. Красноярск: НИИ СУВПТ, 2000. 608 с.
131. Тартаковский Э.Д., Грищенко С.Г., Калабухин Ю.Е. и др. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография. Луганск: «Ноулидж», 2011. 174 с.
132. Тартаковський Е.Д., Устенко О.В., Крашенінін О.С. та ін. Оцінка показників ТО при подовженні терміну експлуатації ТРС по наробці : *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. 132. С. 5-11.
133. Тартаковський Е.Д., Чигирик Н.Д., Білецька Ю.В., Сумцов А.Л. Модель визначення ефективності технічної експлуатації тягового рухомого складу залізниць. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : Тези доповідей 73-ої міжнародної науково-практичної конференції, 23.05-24.05.2013. Дніпропетровськ: ДІТ, 2013. С.28-29.
134. Терёшина Н.П., Галабурда В.Г., Трихунков М.Ф. и др. Экономика железнодорожного транспорта. Москва: УМЦ ЖДТ. 2006. 801 с.
135. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава во Франции : материалы компании SNCF. *Железные дороги мира*. 2011. № 3. С. 46–53.
136. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава сторонними компаниями. *Железные дороги мира*. 2005. № 10. С. 47 – 51.
137. Техническое обслуживание подвижного состава в странах Европы URL: <http://www.zdmira.com/arhiv/2009/zdm-2009-no-4#ТОС--5>

138. Труханов В.М. Надежность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытания опытных образцов. Москва: Машиностроение, 2003. 320 с.
139. Українська залізнична швидкісна компанія. URL [http://intercity.uz.gov.ua/?page\\_id=25](http://intercity.uz.gov.ua/?page_id=25)
140. Устенко М.О. Основні проблеми транспортної логістики. Проблеми транспортного комплексу України. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2010. № 29. С. 236-238.
141. Ухарский В.Б. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям. Москва: Транспорт, 1990. 239 с.
142. Ушаков И.А., Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др. Надежность технических систем. Москва: Радио и связь, 1985. 608 с.
143. Фалендиш А.П., Байков В.О., Клецька О.В. Атестація депо, як один із шляхів підвищення ефективності роботи моторвагонного рухомого складу : *Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2015. Вип.158. С.153-156.*
144. Фалендиш А.П., Крашенінін О.С., Шапатіна О.О., Одегов М.М. [Концепція розвитку і реструктуризації локомотивних депо](#) : *Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2011. 27. С. 133-136.*
145. Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Білецький Ю.В. Модель оптимізації системи технічного обслуговування та ремонту локомотивів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 207 (2). С. 45-49.*
146. Феоктистов В.П., Тимченко А.Ю., Лакин И.К., Воробьев А.А., Горский А.В., Смирнов Ю.В. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством (АСУТ). Москва: МИИТ, 2001. 42 с.
147. Фирменное обслуживание подвижного состава. *Железные дороги мира. 2005, № 5. С. 40 – 46.*
148. Харламов П.О., Чигирик Н.Д., Сумцов А.Л. Порівняння критеріїв оцінки систем технічної експлуатації локомотивів. *Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи :*



Міжнародна науково-практична конференція логістичного управління та безпеки руху на транспорті (м.Трускавець, 11-17 квітня 2016г.).  
Севєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2016. С.174-176.

149. Харламов П.О., Шабанов Е.Л. Підвищення ефективності сервісного обслуговування поїздів метрополітену : *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2015. Вип. 158(2). С. 149-152. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt\\_2015\\_158%282%29\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2015_158%282%29_29)

150. Хинчин А.Я. Математические методы теории массового обслуживания. Москва: АН СССР, 1995. 123 с.

151. ЦТС на InnoTrans 2018. «Укрзалізниця» і Alstom підписали меморандум про взаєморозуміння з постачання електровозів. URL: <http://uga.ua/news/tsts-na-innotrans-2018-ukrzaliznitsya-alstom-pidpisali-memorandum-pro-vzayemorozuminnya-z-postachannya-elektrovoziv/>

152. Чеські поїзди Skoda відремонтують на Україні URL: <http://sustainability.uz.gov.ua/2020/01/30/%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82/>

153. Четыркин Е.М. Теория массового обслуживания и её применение в экономике. Москва: Статистика, 1971. 103 с.

154. Шабалин Н.Г. Организация эксплуатации и технического обслуживания тягового подвижного состава с использованием современных – информационных технологий. Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук. Москва, МИИТ, 1999. 171 с

155. Шантаренко С.Г. Совершенствование технологической готовности технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава. Москва: Научная библиотека диссертаций и авторефератов.

156. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надёжности. Москва: Советское радио, 1962. 553 с.

157. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.Н. Таблицы для анализа и контроля надёжности. Москва: Советское радио, 1968. 288 с.

158. Що привезли українські залізничники з InnoTrans 2018. URL: <https://info.uz.ua/articles/shcho-privezli-ukrainski-zaliznchniki-z-innotrans-2018>

159. Яковлев С.С. [Забезпечення технологічної надійності роботи підрозділів ремонтного господарства локомотивного депо](#). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків: УкрДУЗТ, 2019 № 4. С. 27-39.
160. Basten R.J.I., van Houtum G.J. [System-oriented inventory models for spare parts](#). *Surveys in Operations Research and Management Science*. 2014. № 19 (1), P. 34-55.
161. Cantos P., Pastor J., Serrano L. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways. *J. of Transport and Statistics*. 2000. № 3. P. 61–68.
162. Cohen M.A., Agrawal N., Agrawal V. [Winning in the after market](#). *Harvard Business Review*. 2006. № 84(5), P. 129-138.
163. DeCroix G.A., Zipkin P.H. [Inventory management for an assembly system with product or component returns](#). *Management Science*. 2005. № 51 (8), P.1250–1265.
164. Dekker R Improving the management of spare parts stocks in the repair shop. *Omega (United Kingdom)*. 2015. 57 (01). P. 217-229.
165. Dwelk G., Habelmann D. *Eisenbahntechnische Rundschau*. 2005. 9. P. 519 – 525.
166. Feng Y., Viswanathan S. [Heuristics with guaranteed performance bounds for a manufacturing system with product recovery](#). *European Journal of Operational Research*. 2014. № 232 (2), P. 322–329.
167. Fleischmann M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Dekker R., Van Der Laan E., Van Nunen, J.A.E.E., Van Wassenhove L.N. [Quantitative models for reverse logistics: A review](#). *European Journal of Operational Research*. 1997. № 103 (1), P. 1–17.
168. Fleischmann M., Kuik R., Dekker R. [Controlling inventories with stochastic item returns: A basic model](#). *European Journal of Operational Research*. 2002. № 138 (1), P. 63–75.
169. Garmabaki A.H.S., Ahmadi A., Block J., Pham H., Kumar U. [Reliability](#) A reliability decision framework for multiple repairable units. *Engineering and System Safety*. 2016. 150. P. 78-88.

170. Govindan K., Soleimani H., Kannan D. [Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future](#). *European Journal of Operational Research*. 2014. № 240 (3), P. 603-626.
171. Guide Jr., Srivastava R. [Repairable inventory theory: Models and applications](#). *European Journal of Operational Research*. 1997. № 102 (1), P. 1-20.
172. Hughes M. Cost and capacity drive high speed train design. *Railway Gazette International*. 2010. № 5. P. 37–39.
173. Krasenin O., Ponomarenko O., Yakovlev S. Provision of the maintenance service of the depot with the optimal size of repair stocks. *Globalization of scientific and educational space/ Innovations of the transport. Problems, experience, prospects*. Theses of the international scientific conference on May 3-12, 2017, Dresden (Germany)-Paris(France).-Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. 2017. P. 96-97.
174. Krashenin O., Klymenko O., Ponomarenko O., Yakovlev S. (2018) Justification of statutory service life extension of locomotives on the basis of theory of aging. *International Journal of Engineering & Technology*. № 7 (43). P. 174-178.
175. Lomotko D., Alyoshinsky E., Zambrybor G. Methodological Aspect of the Logistics Technologies Formation in Reforming Processes on the Railways. *Transportation Research Procedia*. 2016. 131 p.
176. Navas M.A., Sancho C., Carpio J. Reliability analysis in railway repairable systems. [International Journal of Quality and Reliability Management](#). 2017. 34 (8). pp 1373-1398.
177. New technology center for temple mills train service Eurostar. *Railway Gazette International*. 2008. № 10. P. 820–821.
178. Rappold J.A., Van Roo B.D. [Designing multi-echelon service parts networks with finite repair capacity](#). *European Journal of Operational Research*. 2009. № 199 (3), P. 781-792.

179. [Rodriguez M.A.](#), [Vecchiotti A.](#) Multicriteria optimization model for supply process problem under provision and demand uncertainty. *[Industrial and Engineering Chemistry Research](#)*. 2011 50 (18). P. 10630-10642.
180. Song H., Schnieder E. Evaluating Fault Tree by means of Colored Petri nets to analyze the railway system dependability. *[Safety Science](#)* Volume 110, December 2018, P. 313-323.
181. Speranza M. Trends in transportation and logistics. *[European Journal of Operational Research](#)*. 2018. P. 836.
182. Tartakovsky E., Ustenko O., Puzyr V., Datsun Y. System approach to the organization of locomotive maintenance on Ukraine railways. *[Studies in Systems Decision and Control. Ukrainian state university of railway transport](#)*. 2017. № 87. P. 217-236.
183. Toporkova O.A., Zheludovych O.A. Logistics management in inventory system. *[Proceedings of the Dnipropetrovsk National University of Railway](#)*. 2014. № 7. URL: <https://doi.org/10.15802/pte.v0i7.32097>
184. Turki S., Hennequin S., Sauer N. [Perturbation analysis for continuous and discrete flow models: A study of the delivery time impact on the optimal buffer level](#). *[International Journal of Production Research](#)*. 2013. № 51(13), P. 4011-4044.
185. V. Puzyr, Y. Datsun, O. Obozny. Design of algorithm for identification of locomotive electrical machine unit during repair. *[International Journal of Engineering & Technolog.](#)* Vol 7, No 4.3 (2018): Special Issue 3, P. 157-161. URL: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/19727/9154>
186. W. Kebler., S. Baumann, Glasers Annalen, 2004, Tagungsband SFT, Graz.
187. Толлок А.О., Крюковська О.А. Безпека життєдіяльності. 2011. 215 с.
188. Совершенствование системы и методов технического обслуживания и ремонта тепловозов. Труды ВНИИЖТ, вып. 637, 120 с.
189. Киселева И.П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс. Том 1, 2. Москва: 2014

190. Панченко С. В., Бабанін О. Б., Каграманян А. О., Дацун Ю. М. Теорія та конструкція рухомого складу високошвидкісного транспорту. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 362 с.
191. Четвергов В.А., Киселев В.И., Данковцев В.Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 2007. 558 с.
192. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки (затверджена Постановою КМУ від 16.12.2000 р. № 1390 зі змінами від 26.01.2011 р. № 1106);
193. Капиця, М. І., Коренюк Р. О. Стратегії експлуатації, технічного обслуговування та ремонту локомотивів. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. Д., 2012. Вип. 40. С. 63-66.
194. Барзилович Е.Ю. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем. Москва: Советское радио, 1971. т. 8, С 272.
195. Галкин В.Г. Надежность тягового подвижного состава. Москва: Транспорт, 1981, 184 с.
196. Бондар Б.Є., Очкасов О. Б., Бондар Є. Б., Бобир Д.В., Очеретнюк М.В. Дослідження впливу системи обслуговування тепловозів на організацію роботи локомотивного депо. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2020 № 5 (89), с. 32-44.
197. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 702 с. ISBN: 5-94157-541-6.
198. Дослідження і визначення основних показників роботи і надійності електропоїздів HRC52, EJ675з пробігом до 500 000 км. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.

