

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШАПОШНИК ВЛАДИСЛАВ ЮРІЙОВИЧ



УДК 629.463-049.32(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Спеціальність 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

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.

Науковий керівник: Мурадян Леонтій Абрамович, кандидат технічних наук, доцент

ДНІПРО – 2019

АНОТАЦІЯ

Шапошник В. Ю. Підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 «Рухомий склад залізниць та тяга поїздів». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2019.

Дисертація присвячена проблемі підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів (далі – ТОiP) шляхом переходу від діючої системи планово-попереджувальних ремонтів до системи ремонту за технічним станом, що дозволяє враховувати дійсну потребу в їх ремонті. Розглянуто доцільність додаткової оцінки технічного стану вузлів і деталей вагона індикаторними засобами контролю.

У першому розділі виконано аналіз парку вантажних вагонів України. Огляд і аналіз наукових джерел та фахової літератури стосовно теми дисертаційного дослідження підтверджує, що питання вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів є актуальним. Аналіз розвитку системи ТОiP вантажних вагонів на залізницях України показав, що вона постійно розвивалася й змінювалася залежно від умов та інтенсивності експлуатації вагонів. Досвід залізниць Америки та Європи свідчить про те, що навіть у межах однієї країни не існує єдиної спільної системи ТОiP вантажних вагонів.

У другому розділі наведено методологічні засади забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів із розглядом стратегій їх технічного обслуговування та ремонту. Методологічні засади забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів пов'язані з науковим обґрунтуванням вибору стратегії технічного обслуговування та ремонту, яка враховує фактичний стан вагона, повинна ґрунтуватись на його конструктивних особливостях з підтримуванням показників надійності вагона у встановлених

межах та бути економічно вигідною. Розглянуті показники надійності вантажних вагонів та досліджено пошкоджень вантажних вагонів, встановлено, що технологічний характер пошкоджень становить більше ніж половину від усіх пошкоджень вантажних вагонів.

У третьому розділі обґрунтовано критерії оцінки технічного стану вантажних вагонів у експлуатації та при ремонті. Сучасним напрямком оцінки технічного стану є індикаторний контроль. Різноманітні за виконанням індикатори зносу застосовуються в таких відповідальних деталях, як фрикційний клин, ковзун, колесо, гальмівна колодка та інші. Застосування індикаторів знижує ймовірність помилок оглядачів вагонів при визначенні зносів вузлів та деталей вагона, скорочує час технічного обслуговування вагонів, дозволяє обійтись оглядачам вагонів без використання вимірювальних інструментів та шаблонів. Визначений вплив індикаторів контролю граничного стану на міцність фрикційного клина. Запропоновано конструкцію фрикційного клина, що складається з тіла клина який та змінної накладки, оцінена її міцність. Автором запропоновано ряд технічних рішень виконання індикаторів. Для спрощення технології виявлення буксових вузлів з підвищеною температурою запропонований температурний індикатор, у вигляді термоіндикаторної фарби, який реагує на температуру буксового вузла та візуально сповіщає відповідальну особу про зміну його температури.

У четвертому розділі виконано теоретичні дослідження процесу зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації. Ймовірність перебування вантажного вагона на відповідній стадії життєвого циклу буде визначатися його попереднім технічним станом, а загальна величина сукупності всіх можливих станів складається з ланцюга Маркова для випадкових процесів з випадковими станами і безперервним потоком часу. У результаті виконання теоретичних досліджень отримано залежність ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані протягом життєвого циклу. На її основі уточнено вираз для коефіцієнта технічної готовності вагонного парку. Оскільки технічний стан вантажного вагона постійно змінюється, тобто вагон потребуватиме проведення

технічного обслуговування чи ремонту, то його можна розділити на кілька рівнів, які будуть включати: рівень необхідності проведення технічного обслуговування; рівень необхідності проведення деповського ремонту; рівень необхідності проведення капітального ремонту. Для запропонованих рівнів отримано вирази для визначення ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона в загальному вигляді, що враховують ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному рівні за допомогою індикаторного контролю граничних станів вузлів. Розглянуто показники і критерії оцінки врахування технологічних помилок оглядачів на безвідмовність вантажних вагонів. Наведено інтерпретацію функції бажаності Харрінгтона для випадку застосування до вантажних вагонів. Запропоновано оцінювати якість показника безпеки руху поїздів у вигляді поправного коефіцієнта, який визначається відношенням ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані й проектної ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному відрізку часу. Отриманий вираз дозволяє здійснити оцінку рівня безпеки руху при переході з існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на систему ТОіР за станом. Розроблена модель розвитку ситуації для випадку критичного дефекту вузла вантажного вагона. У розробленій моделі показано три можливі стани: працездатний та обмежено працездатний, непрацездатний і аварійний. Для кожного вихідного стану характерний розвиток подій, що пов'язаний з помилками проектувальників, з дефектами при виготовленні деталей та вузлів і технологічними помилками при технічному обслуговуванні вагона. Отримано вираз для визначення граничного рівня дефектності. Значення граничного рівня дефектності дозволяє на різних стадіях життєвого циклу вагона оцінити можливі прояви зниження ймовірності безвідмовної роботи в процесі експлуатації. Крім того, запропоновано вираз для оцінки міжремонтного ресурсу вантажних вагонів. Встановлено, що при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом відбувається збільшення міжремонтного ресурсу універсального піввагона.

У п'ятому розділі наведено результати експериментальних досліджень при переході на систему ТОіР за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів. Експлуатаційні дослідження за діючою системою ТОіР вантажних вагонів підтвердили вплив технологічних помилок під час виконання технічного обслуговування піввагонів. При проведенні ТОіР із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів піввагонів відбувається зниження впливу технологічних помилок оглядачів вагонів на технічний стан, а також знижується трудомісткість робіт. Отримані в результаті досліджень залежності ймовірності відмов піввагонів від пробігу для системи ТОіР за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів показали, що ця ймовірність знижується порівняно з ймовірністю відмов піввагонів при діючій системі ТОіР. Для порівняння запропонованої системи рівнів наведено дані з розподілу технічного стану вантажних вагонів при переході до системи ТОіР за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів. При цьому загальна потреба у виконанні технічного обслуговування вантажних вагонів з одночасним зниженням загальної потреби у депоєському (на 36 %) та капітальному (на 30 %) ремонту. Встановлено, що міжремонтний ресурс піввагона моделі 12-7023 залежно від пробігу в реальних експлуатаційних умовах виявився нижчим до 12 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту. У випадку переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів значення міжремонтного ресурсу для піввагона моделі 12-7023 вище до 7,4 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту. Виконано техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів. При

цьому встановлено, що за песимістичним прогнозом можна досягти зменшення вартості життєвого циклу піввагона моделі 12-7023 на 13,2 тис. грн.

Ключові слова: система технічного обслуговування та ремонту, індикаторні засоби діагностування, міжремонтний ресурс, показники надійності, вантажний вагон

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНО

У наукових фахових виданнях, затверджених МОН України, що входять до наукометричних баз даних

1. Бабаєв А. М., Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Удосконалення вузла передачі стоянкового гальма вантажного вагона // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2013. Вип. 139. С. 94-98.

2. Бубнов В. М., Мурадян Л. А. Шапошник В. Ю., Манкевич М. Б. Особливості технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів з підвищеними показниками надійності // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2016. Вип. 160. С.11-17.

3. Мурадян Л. А., Бабаєв А. М., Шапошник В. Ю., Мищенко А. А. Об опыте применения профиля ДИИТ-УЗ в модернизированных тележках грузовых вагонов // Збірник наукових праць / Держ. ун-т інфраструктури та технологій. - Київ : Вид. ДУІТ, 2018. - Вип. 32. Т 1: Транспортні системи і технології. - С. 45-54.

4. Мурадян Л. А., Подосьонов Д. О., Шапошник В. Ю. Залежність величини зносу пари тертя «п'ятник – підп'ятник» від пробігу вантажного вагона // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2017. № 6(72). С. 61-69.

5. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Автоматична ідентифікація окремих частин транспортного засобу при впровадженні нових концепцій системи

технічного обслуговування та ремонту // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2017. №4. С. 44-50.

6. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Мищенко А. А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несамоходного подвижного состава // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2016. № 1(61). С. 169-179.

7. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Подосенов Д. О. Повышение надежности грузовых вагонов с применением новых технологий изготовления и восстановления рабочих поверхностей // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. 2016. № 11. С. 49-54.

8. Шапошник В. Ю. Результати експериментальних досліджень процесу зміни технічного стану вантажних вагонів в експлуатації // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. 2018. Ном. 15. С. 105–109.

9. Шапошник В. Ю. Нові стратегії технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. 2017. Ном. 13. С. 88–94.

10. Shaposhnyk V. Y. Theoretical studies on the process of change of the technical condition of freight cars in operation // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2018. № 4 (76). С. 134–141.

11. Shaposhnyk V. Y. Human factor influence on performing technical maintenance and repair of freight cars // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2018. № 6 (78). С. 165–175.

У наукових фахових виданнях, затверджених МОН України

12. Испытания перспективных тормозных колодок на железных дорогах Украины / Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винстрот Б. У., Муковоз С. П. // Локомотив информ. 2015. №7-8.С.20-22.

Праці апробаційного характеру

13. Мурадян Л. А., Шатунов О. В., Міщенко А. А., Шапошник В. Ю. Визначення сили натиснення гальмових колодок та зважування пасажирських вагонів / Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези доп. 74 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 15-16 трав. 2014 р.) // Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. С. 59-60.

14. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Результаты випробувань гальмової колодки Cobra TG типу V641-PV виробництва Reps США / Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 75 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 14-15 мая 2015 г.) // Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, Восточноукр. науч. центр, Укртранскад. 2015. С. 52-53.

15. Бабаєв А. М., Шапошник В. Ю. Гальмова колодка з маркерами зносу / Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези доп. 76 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 19-20 трав. 2016 р.) // Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2016. С. 26-27.

16. Мямлін С. В., Шапошник В. Ю. Розвиток системи ремонту вантажних вагонів на залізницях України / Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези доп. 76 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 19-20 трав. 2016 р.) // Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ. 2016. С. 40-41.

17. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Міщенко А. А. Дослідження показників надійності піввагонів моделі 12-1905 на візках 18-1711 в експлуатації

/ Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 77 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепр, 11-12 мая 2017 г.) // Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, Восточноукр. науч. центр, Укртранскад. Днепр., 2017. С. 41-43.

18. Шапошник В. Ю. Діагностика вантажних вагонів в експлуатації / Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 78 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепр, 17-18 мая 2018 г.) // Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. Днепр. 2018. С. 54-55.

19. Кирильчук О. А., Шапошник В. Ю. Составний фрикційний клин трьохелементного візка / Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези доп. 79 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 16-17 трав. 2019 р.) // Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпро, 2019. С. 51-52.

20. Мурадян Л. А., Мямлин С. В., Шапошник В. Ю. Определение стратегии технического обслуживания и ремонта вагонной техники // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Материалы седьмой Всероссийской научно-технической конференции. Иркутск. 2016. С. 369-373.

21. Проблеми існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів в Україні / С. В. Мямлін, та ін./ Проблеми механіки залізничного транспорту. Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження : тези доп. XIV Міжнар. конф. // Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Ін-т техн. мех. НАН України і нац. косміч. агентства України, НВП Укртранскад. – Дніпропетровськ. 2016. С. 89-91.

22. Шапошник В. Ю. Міжремонтний ресурс вантажних вагонів / «Вагони нового покоління: із XX в XXI сторіччя» : тези доп. II Всеукраїнської конференції (Харків, 23-25 квітня 2019 р.) // Український державний університет залізничного транспорту. - Харків, 2019. С. 23-24.

Додаткові наукові праці які відображають результати дисертації

23. Бабаєв А. М., Шапошник В. Ю. Візуальний контроль граничних зносів вузлів вагонів // Залізничний транспорт України. Науково-практичний журнал. 2017. №2. С. 32-38.

24. Кирильчук О. А., Шапошник В. Ю. Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів // Залізничний транспорт України : науково-практичний журнал. - 2019. - № 2. - С. 41-50.

25. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Исследование литых железнодорожных колес в эксплуатации производства компании “Griffin Wheel Company” (США) // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – Брянск. 2015. Вып.7. С. 65-70.

26. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. К вопросу о планах испытаний надежности механических систем // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2015. № 157 С. 119-128.

27. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винокурова С. В. Пути развития, тенденции и перспективы дальнейшего совершенствования тормозной колодки рельсового подвижного состава // Вагонный парк. 2015. №5-6. С.32-34.

28. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Мищенко А. А. Опытные маршруты ДИИТ-УЗ: «Опытная эксплуатация – научные обоснования – массовое внедрение» // Вагонный парк. 2016. № 5–6 (110-111). С. 57–59.

29. Буксовий вузол з температурним індикатором / А. С. Мацюк, А. А. Міщенко, С. М. Оберняк, В. Ю. Шапошник : пат. 119461 Україна. МПК В61F 15/00, В61К 9/06. № у 2017 03484 ; заявл. 10.04.2017 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.

30. Шток поршня циліндра / В. Ю. Шапошник, А. С. Мацюк, С. М. Оберняк, М. В. Кліменок, А. А. Міщенко, К. В. Козловець: пат. 118741 Україна. МПК В60Т 17/08, F15В 15/00, F15В 15/28. № у 2017 01814 ; заявл. 27.02.2017 ; опубл. 28.08.2017, Бюл. № 16.

31. Гальмова колодка залізничного рухомого складу / А. М. Бабаєв, В. Ю. Шапошник : пат. 102701 Україна. МПК F16D 65/04, B61H 1/00. № u 2015 05423 ; заявл. 02.06.2015 ; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21.

32. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58830. Літературний твір наукового характеру «Програма та методика експлуатаційних випробувань вантажних напіввагонів моделі 12-7023 на візках моделі 18-7020» / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник, А. А. Міщенко. – зареєстр. 26.02.2015. – 1 с.

ABSTRACT

Shaposhnyk V. Yu. Improving the efficiency of the system of maintenance and repair of freight cars. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences on the specialty 05.22.07 - "Rolling stock of railways and traction of trains". - Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2018.

The dissertation is devoted to the problem of improving the efficiency of the system of maintenance and repair of the new generation of freight cars, by moving from the operating system of planned repairs to the repair system in a condition that allows taking into account the real need for repair of freight cars. The expediency of an additional assessment of the technical condition of the units and parts of the vehicle by means of diagnostic means is considered.

In the first chapter the analysis of the technical condition of the park and the failures of freight cars of Ukraine was conducted. The review and analysis of scientific sources and professional literature concerning the topic of the dissertation research confirms that the issue of improving the system of maintenance and repair of freight cars (hereinafter - MRFW) is relevant. Analysis of the development of the MRFW system of freight cars on the Ukrainian railways showed that it constantly evolved and varied depending on the conditions of operation and its intensity. The experience of the railways of America and Europe shows that there is no single

system of MRFW freight cars, even within the same country, railway companies apply different concepts of MRFW systems. Modern tendencies are directed towards the transition to the system of the Russian Railways taking into account the actual state of freight cars. With the increase of the efficiency of the MRFW system of freight cars, it will be useful to rely on the experience of implementing the MRFW system taking into account the actual state of the self-propelled rolling stock, where the results of its implementation are successful and economically feasible.

In the second chapter the methodological principles of maintenance of operational characteristics of freight cars with the consideration of the strategies of the MRFW freight cars are given. Efficient operation of cars is possible only with the minimization of the costs of their maintenance and repair while providing the specified indicators of reliability and traffic safety. The task of the scientifically grounded choice of the strategy of freight cars, which will take into account the actual state of the car of its design features, maintain the parameters of reliability of the car within the established limits and will be economically profitable, is urgent. To do this, a comprehensive analysis of the reliability of the freight cars should be carried out taking into account the influence of the MRFW system and the corresponding mathematical models developed.

In the third chapter, the criteria for assessing the technical condition of freight cars in operation and during repair is substantiated. Implementation of the MRFW system of freight cars on condition requires the use of simpler, but at the same time, equally accurate, approaches to assessing the technical condition of units and parts of the car. The current direction of evaluation of the technical condition is indicative control. Various performance wear and tear indicators are used in such crucial parts as friction wedge, adapter, slider, wheel, brake pad. The use of indicators minimizes the technological factor in determining the wear units and parts of the cars, shortening the time of technical maintenance of cars at the maintenance park, allows you to get around the car inspectors without the use of measuring instruments and templates. Wear indicators application on a rolling stock is cheaper compared with other means of the technical condition monitoring.

The fourth chapter deals with the change in the technical condition of freight cars in operation, which may be in different stages of the life cycle. Transitions from one life cycle in others are steplike, such transitions are characterized by a random process. The probability of finding a freight cars in the corresponding life cycle will be determined by its previous technical condition, and the total magnitude of the set of all possible states consists of a Markov chain for random processes with random states and a continuous flow of time. As a result of theoretical studies, the dependence of the probability of finding a freight cars in working condition during the life cycle was obtained. On the basis of the obtained expression for the probability of finding a freight cars in working condition, the expression for the coefficient of technical readiness of the car park is specified. Since the technical condition of the freight wagon is constantly changing, that is, maintenance or repair will be necessary, then this state can be divided into several levels, which will include: the level of maintenance required; the level of the need for ongoing repair; the level of the need for major repairs. For the proposed levels, the expressions for the probability of failure-free operation of the freight cars in general form are taken, which takes into account the probability of failure-free operation of the freight cars at the appropriate level with the help of indicator control boundary states of nodes. The chapter deals with the influence of the technological factor on the maintenance and repair of freight cars. The main indicator of the reliability of work in the system "man - freight wagon" in the performance of maintenance and repair is the likelihood that the failure to work will not exceed a given time limit. The interpretation of Harrington's desirability function for the case of application to freight cars is given. It is proposed to assess the quality of the train safety index in the form of correction factor, which is determined by the ratio of the probability of finding a freight cars in working condition and the design probability of failure-free operation of the freight cars at the appropriate time interval. The obtained expression allows us to assess the level of traffic safety in the transition from the existing system of maintenance and repair of freight cars to the MRFW system in a state. In the course of maintenance and repair, it is proposed to introduce an indicator characterizing the observance of the

technology of carrying out maintenance of freight cars with consideration of the technological factor, and to compare the maintenance and repair of freight cars according to the existing technology and in technical condition, an expression was received for evaluation. The probabilistic model of the role of the technological factor in the performance of maintenance and repair of freight cars in a technical condition, which contains a model for the development of the situation for the case of a critical defect of the freight cars node, taking into account the technological factor and the limiting level of the defective unit of the freight car taking into account the technological factor with the risk of accident on the railway with the estimation of the probability of failure due to a technological factor in the wrong actions of the observer or locksmith from the technical service repair and repair of freight cars. In addition, theoretically, an estimate was given to the inter-repair resource of freight cars with the suggestion of an expression for its evaluation. It was established that there is an increase in the inter-repair resource of a general-purpose gondola in the transition to a system of maintenance and repair of freight cars on condition.

In the fifth chapter are presented the results of experimental studies in the transition to the system MRFW on the technical condition with the use of indicator control of the boundary states of the units of freight cars. Operational research on the existing system of freight cars of freight cars confirmed the influence of the technological factor in the performance of gondola maintenance. It is shown that the amount of maintenance carried out affects further operation of the semi-trains (mileage without failures). When applying the indicator control of the limiting states of the units of the gondola there is a reduction of the influence of the technological factor on the technical condition during conducting the MRFW. The dependences of the probability of the bogs of the gondola from the run for the MRFW system on the technical condition with the use of indicator control of the boundary states of the nodes are given. This probability is reduced in comparison with the probability of failure of gondola for the existing system of MRFW freight cars. For comparison of the proposed system of levels, data are presented on the distribution of the technical state of freight cars during the transition to the system of MRFW in a technical state

with the use of indicator control of the boundary states of nodes. In the transition to the system of technical power of the state with the use of indicator control of the boundary states of the nodes, the total volume of work on the maintenance of freight cars is increased by 33 %, while there is a simultaneous decrease in the total volume of work on depot (by 36 %) and overhaul (by 30 %) The last fact indicates the expediency of transition to a system of maintenance and repair on a technical condition with the use of indicator control of the boundary states of the units of freight cars. Comparing the inter-repair resource of the semi-trailer 12-7023, depending on the run in real operating conditions, is lower by 12 % compared to the prescribed values under the existing system of maintenance and repair. Even with a pessimistic forecast, in the event of a transition to a system of maintenance and repair on a technical condition with the use of indicator control of the boundary states of nodes, the value of the inter-repair resource for the gondola 12-7023 is higher by 7.4 % compared with the normative values established under the existing system of maintenance and repair. The feasibility study for the transition to a system of maintenance and repair on a technical condition with the use of indicator control of the boundary states of the units of freight cars has been fulfilled. At the same time, in the transition to a system of maintenance and repair on a technical condition with the use of indicator control of the boundary states of the units of freight cars, according to the pessimistic forecast, it is possible to achieve a reduction in the cost of the lifecycle of the gondola 12-7023 by 13,2 thousand UAH.

Key words: system of maintenance and repair, tracer methods of diagnostics, inter-repair resource, reliability indicators, freight cars

ЗМІСТ

ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПАРКУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ УКРАЇНИ ТА СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ЗА НАПРЯМКОМ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
1.1 Літературний огляд за напрямком досліджень	26
1.2 Аналіз сучасного стану парку вантажних вагонів України	31
1.3 Аналіз системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на залізницях України	34
1.4 Огляд міжнародного досвіду в організації системи технічного обслуговування та ремонту рухомого складу залізниць	42
Висновки до розділу 1	44
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ	45
2.1 Стратегії системи технічного обслуговування та ремонту	45
2.2. Показники надійності вагонів	53
2.3 Дослідження пошкоджень вантажних вагонів	58
Висновки до розділу 2	61
РОЗДІЛ 3. КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРИ РЕМОНТІ	62
3.1 Сфера застосування та сутність візуально-оптичного контролю	64
3.2 Індикаторний контроль елементів візка вантажного вагона	66
3.3 Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів	73
Висновки до розділу 3	78

РОЗДІЛ 4. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ	80
4.1 Математична модель зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації	80
4.2 Технічний стан вантажного вагона при отриманні інформації при виконанні технічного обслуговування та ремонту	87
4.3 Допущення помилок при виконанні технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів	95
4.4 Показники і критерії оцінки врахування технологічних помилок оглядачів вантажних вагонів на їх безвідмовність	101
4.5 Ймовірнісна модель виконання технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за технічним станом	110
Висновки до розділу 4	120
РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ	123
5.1 Експериментальні дослідження технічного стану вантажних вагонів в умовах діючої системи технічного обслуговування та ремонту	123
5.2 Технічний стан вантажних вагонів у експлуатації при застосуванні індикаторного контролю граничних станів вузлів	129
5.3 Система рівнів технічного стану вантажних вагонів	131
5.4 Експлуатаційні випробування коліс з профілем ДІІТ-УЗ на візках моделі 18-100 і на візках з модернізацією С03-04 (А. Стакі)	138
5.5 Порівняння міжремонтного ресурсу вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом	139
5.6 Техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із	

застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів	141
Висновки до розділу 5	148
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	151
БІБЛІОГРАФІЯ	154
ДОДАТКИ	176
Додаток А. Огляд міжнародного досвіду в організації системи технічного обслуговування та ремонту рухомого складу залізниць	177
Додаток Б. Технічні рішення виконання індикаторного контролю у вузлах вантажного вагона	186
Додаток В. Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів	194
Додаток Г. Перелік регламентованих робіт та операцій контролю технічного стану вантажного вагона (на прикладі універсального піввагона) з метою оцінки його технічного стану й продовження терміну експлуатації	202
Додаток Д. Характерні несправності виявлені під час комісійних оглядів піввагонів	208
Додаток Е. Значення зміни товщини гребенів і інтенсивність зносу залежно від пробігу для коліс до і після обточування	218
Додаток Ж. Дані для техніко-економічного обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів	222
Додаток И. Описи до патентів на корисні моделі	225
Додаток К. Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	236

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Значне місце в роботі залізничного транспорту займають вантажні перевезення, що потребують наявності вантажних вагонів. При цьому, важливе значення має система технічного обслуговування та ремонту яка повинна забезпечити справність вагонного парку. Від своєчасного виконання ремонту вагонів залежить безпека руху на залізничному транспорті та собівартість утримання вагона.

В даний час у вагонному господарстві Укрзалізниці діє планово-попереджувальна система технічного обслуговування та ремонту (далі – ТОіР), яка передбачає проведення планових ремонтів вагонів або після закінчення певного терміну експлуатації, або по досягненню певного пробігу. Така система ремонту має певні недоліки. Зокрема, комплектуючі вагонів мають неоднаковий ресурс, а плановий ремонт ці ресурси усереднює. Як наслідок, частина деталей виходить з ладу до настання нормативного терміну виконання ремонту, а ресурс інших деталей на момент проведення планового ремонту неповно використовується. Усе це призводить до зменшення ресурсу рухомого складу, збільшення потреби у запасних частинах, зростання трудових витрат і відповідно, собівартості утримання вагонів. Також до недоліків цієї системи слід віднести те, що вона не враховує конструктивні особливості різних моделей вантажних вагонів, їх умови експлуатації, не повною мірою враховується модернізація рухомого складу. Діюча система ТОіР за фактичним напрацюванням враховує тільки сумарний пробіг вагона, не розділюючи його на завантажений та порожній. Усі ці фактори вказують на необхідність підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

Світовий досвід в організації системи ТОіР рухомого складу залізниць, вказує на доцільність впровадження системи ремонту з урахуванням його дійсного стану. Впровадження системи ТОіР вантажних вагонів з урахуванням їх дійсного стану актуальне, насамперед, для вагонів нового покоління та вагонів, які проходять модернізацію.

Для впровадження ремонту вантажних вагонів за станом необхідно розробити критерії оцінки технічного стану вантажних вагонів під час експлуатації та при ремонті. Крім того, для забезпечення своєчасного ремонту необхідно отримувати достовірні дані про поточний стан і про поточне напруження контрольних об'єктів. Для цього науковими організаціями та промисловістю розроблені та впроваджуються різні сучасні засоби діагностування та контролю технічного стану залізничного транспорту. Також важливе значення набуває своєчасність виявлення пошкоджень та зносів деталей і вузлів рухомого складу.

В роботі розглядаються питання забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів, критерії оцінки технічного стану вагонів в експлуатації та підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту з врахуванням дійсного стану вантажного вагона.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, що визначені в Транспортній стратегії України до 2020 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 №2174-р), а також пов'язана з науково-дослідними роботами, що виконуються Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка інноваційних вантажних вагонів для гірських залізниць з урахуванням новітніх матеріалів та застосування сучасних технологій зварювання» (ДР № 0116U003751), «Визначення сили натиснення на гальмівні колодки пасажирського вагона з урахуванням навантаження на колесо. Експлуатаційні випробування колодок гальмівних залізничного транспорту» (ДР № 0116U006842), а також «Експлуатаційні випробування втулок з композиційних матеріалів та виробів поліуретанових для вантажних вагонів» (ДР № 0116U003752), у яких автор є виконавцем та автором звітів.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз технічного стану вантажних вагонів та систем технічного обслуговування та ремонту;
- розглянути методологічні засади забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів;
- розробити критерії оцінки технічного стану вантажних вагонів у експлуатації та при ремонті;
- теоретично дослідити процес зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації;
- виконати експериментальні дослідження процесу зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації;
- виконати техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

Об'єктом дослідження є процес технічної експлуатації вантажних вагонів.

Предмет дослідження – система технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

Методи дослідження. Математичні моделі, що описують експлуатаційні характеристики досліджуваних деталей, склалися на базі теорії ймовірностей та математичної статистики. Теорія надійності технічних систем застосовувалася для розрахунку надійності елементів, вузлів та вагона в цілому. Методи математичного моделювання використовувалися для формування моделі впливу технологічних помилок на надійність вантажного вагона. Ймовірність перебування вантажного вагона на різних стадіях життєвого циклу складалася з ланцюга Маркова для випадкових процесів з випадковими станами і безперервним потоком часу. Експериментальні дані отримані за допомогою методу емпіричного дослідження вагонів.

Наукова новизна отриманих результатів.

В роботі вирішено наукове завдання підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту за рахунок урахування дійсного стану вантажного вагона. Розроблена математична модель зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації, за результатами якої:

вперше:

- запропоновано метод оцінки дефектності вузлів вантажних вагонів на основі моделі розвитку ситуації для випадку критичного дефекту, що дозволяє підвищити їх надійність та безпеку руху поїздів.

- розроблено математичну модель оцінки міжремонтного ресурсу вантажного вагона, що дозволяє визначити його ресурс з урахуванням дотримання технології технічного обслуговування вагона в експлуатації.

набули подальшого розвитку:

- методика визначення ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані на основі розміченого графу технічного стану, що, на відміну від існуючої, дозволяє враховувати кожен можливу стадію технічного стану, на якій перебуває вантажний вагон;

- метод порівняння систем технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за існуючою технологією та за технічним станом, що, на відміну від існуючого, містить параметри, режими й враховує порушення технології виконання робіт з технічного обслуговування вантажних вагонів;

- метод оцінки якості показника безпеки руху поїздів, що містить поправний коефіцієнт, який визначається відношенням ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані й проектної ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному відрізку часу, що, на відміну від існуючого, дозволяє виконати оцінку рівня безпеки руху при переході від існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів до системи за технічним станом.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, а також запропоновані методології, розроблені

моделі та підходи можуть бути використані для удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, яка дозволить знизити трудомісткість операцій з технічного обслуговування і буде містити інформаційну систему індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажного вагона. При переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів за песимістичним прогнозом можна досягти зменшення вартості життєвого циклу піввагона 12-7023 на 13,2 тис грн.

Отримані результати роботи використовуються (додаток К):

- у ТОВ «БЦЗ «Трібо», для якого надано рекомендації щодо підвищення експлуатаційної надійності гальмівної колодки завдяки використанню індикаторів (маркерів) зносу (акт впровадження від 03.07.2018);

- у структурному підрозділі «Вагонне депо Кам'янське» регіональної філії «Придніпровська залізниця» АТ «Укрзалізниця», для якого надано рекомендації щодо стратегії виконання технічного обслуговування та ремонту вагонів (акт впровадження від 28.06.2018);

- у ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС», для якого надано рекомендації щодо вирішення науково-прикладної задачі з оцінки надійності вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів, норми оперативного часу на контроль технічного стану вагона оглядачем вагонів (акт впровадження від 10.07.2018);

- у навчальному процесі ДНУЗТ під час підготовки бакалаврів та магістрів зі спеціальності 273 «Залізничний транспорт» спеціалізації «Вагони та вагонне господарство», прийняті до використання метод індикаторного контролю для оцінки технічного стану вантажних вагонів у експлуатації та при ремонті та модель розвитку ймовірності кінцевого стану для випадку критичного дефекту вузла вантажного вагона (акт впровадження від 24.10.2018).

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатку.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, розробки та результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Формулювання мети та постановку завдання, обговорення та аналіз результатів досліджень здійснено разом із науковим керівником.

Роботи [166 - 169, 184, 185] опубліковані одноосібно. Особистий внесок дисертанта до основних робіт, опублікованих у співавторстві [7 - 9, 26, 28, 38, 60, 93, 95 - 105, 111, 126, 135, 170-172], полягає в наступному: [60, 99, 104] – виконано оцінку експлуатаційної надійності гальмівних колодок. У працях [26, 95, 98, 100, 111, 126] – виконано оцінку експлуатаційних характеристик несамохідного рухомого складу, проведено аналіз стратегій технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. У праці [101] – виконано огляд вітчизняних та закордонних дослідних полігонів для випробування рухомого складу залізниць, проведено аналіз виконаних науково-дослідних робіт за час існування дослідного маршруту. У працях [7, 93, 97, 102, 103, 172] – проведено аналіз стану вантажних вагонів та їх вузлів при надходженні до ремонту, запропоновано шляхи вирішення проблеми пошкоджень вантажних вагонів. У працях [170, 171] – проведено теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів. У працях [8, 9] – проведено аналіз новітніх конструкторських рішень, застосованих у вузлах та деталях вітчизняних та закордонних вагонів, запропоновано варіант виконання маркерів зносу на гальмівних колодках. У праці [96] – запропоновано застосування системи радіочастотної ідентифікації окремих частин транспортного засобу при впровадженні нових концепцій системи технічного обслуговування та ремонту. У працях [28, 38, 135, 171] – підготовка технічних рішень та опис корисних моделей.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 74-й, 75-й, 76-й, 77-й,

78-й та 79-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, ДНУЗТ, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 рр.); XIV Міжнародній конференції «Проблемы механики железнодорожного транспорта. Безопасность движения, динамика, прочность подвижного состава, энергосбережение» (Дніпро, ДНУЗТ, 2016 р.), II Всеукраїнській конференції «Вагони нового покоління: із XX в XXI сторіччя» (Харків, УкрДУЗТ, 2019 р.) VII Всеросійській науково-технічній конференції «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (Иркутск, 2016 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалась та була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 13 грудня 2018 року.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 32 наукових працях, з яких: 12 – наукові статті у фахових виданнях, з яких 11 – у виданнях та в журналах, що входять до наукометричних баз даних (Google Scholar, Index Copernicus, CrossRef), 10 публікацій апробаційного характеру і тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій, а також 10 додаткових праць: 6 статей, 3 патенти України на корисну модель та 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір наукового характеру.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 241 сторінку, з яких основного тексту – 153 сторінки, у основному тексті роботи міститься: 54 рисунки та 6 таблиць, список літератури з 186 джерел викладено на 22 сторінках; 9 додатків викладено на 66 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПАРКУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ УКРАЇНИ ТА СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ЗА НАПРЯМКОМ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Літературний огляд за напрямком досліджень

Питаннями вдосконалення та побудови оптимальної системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів займалися багато вітчизняних та зарубіжних учених і інженерів, праці яких становлять значний інтерес та є основою проведення багатьох досліджень у цьому напрямку. Великий внесок у питання розрахункового обґрунтування строків служби й періодичності ремонту техніки належить: В. О. Васильєву, Г. Готеллінгу, Д. В. Йоргенсону, Н. Г. Кабеніну, П. Массе, Г. Пренрейху, О. Л. Райкіну, Дж. С. Тейлору та ін. Фундаментальні дослідження в галузі надійності виконали Б. В. Гнеденко, Д. Кокс і В. Сміт та ін. Розвиток експлуатаційної надійності з накопиченням інформації про дійсний стан вузлів та деталей рухомого складу, впровадження вагонів нового покоління та розробка нових методів та засобів відновлення ресурсу рухомого складу стали можливими завдяки працям таких вчених, як: А. А. Босов, Б. Є. Боднар, Є. П. Блохін, В. М. Бубнов, Т. В. Бутько, А. А. Воробйов, І. П. Ісаєв, М. І. Капіца, М. Б. Кельріх, І. Е. Мартинов, В. В. Мямлін, С. В. Мямлін, А. Т. Осяєв, Є. С. Павлович, О. М. Савчук, Е. Д. Тартаковський, П. О. Устич, А. П. Фалендиш та багатьох інших.

Питаннями підвищення надійності рухомого складу та удосконалення системи його технічного обслуговування та ремонту займалися: О. Б. Бабанін, Б. Є. Боднар, А. А. Босов, Т. В. Бутько, К. М. Войнов, Г. Г. Головінов, В. Ф. Головка, Ю. В. Дьомін, М. І. Капіца, М. Б. Кельріх, І. Е. Мартинов, В. В. Мямлін, О. М. Савчук, Е. Д. Тартаковський та інші вчені.

Наукові дослідження радянських вчених В. І. Гридюшко, В. П. Бугаєва, Н. З. Криворучко [27, 49], І. А. Середини [139] та ін. були присвячені

обґрунтуванню, впровадженню та вдосконаленню планово-попереджувальної системи ремонту рухомого складу залізниць, яка була невід'ємною частиною планової радянської економіки.

У роботах професора В. І. Сенька (Республіка Білорусь) [137, 138] пропонуються шляхи вдосконалення організації та керування системою технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, зокрема через визначення необхідної потужності деповської вагоноремонтної бази, яка є суттєвим розвитком теорії експлуатаційного забезпечення парку вагонів. При цьому враховуються такі фактори, як величина інвентарного парку, показники, що характеризують систему ремонту, експлуатаційна надійність вагонів та інші. З використанням багатофакторної моделі була зроблена оцінка впливу експлуатаційної надійності вагонів на потужність ремонтної бази.

Науково-теоретичним принципам призначення міжремонтних нормативів вагонів присвячено праці російських вчених П. О. Устича, В. О. Карпичева, М. М. Овечникова [155], Г. В. Райкова [130], у яких пропонуються кількісні показники та критерії, що дозволяють визначити допустимі величини міжремонтних нормативів вантажних вагонів з урахуванням їх економічної ефективності, а вичерпання ресурсу вузлів і деталей вагона характеризується поступовими відмовами.

Слід відзначити й інші роботи наукової школи МПТУ [36, 64, 152]. Так, Воронін М. М. [36] розвинув синергетичну концепцію пошкоджуваності, яка дозволила обґрунтувати використання енергетичного критерію щільності енергії деформації, на основі якої ним розроблено метод оцінки працездатності зварних вузлів вантажних вагонів як на етапі проектування конструкції, так і після виконання ремонтних робіт.

Кареліною М. В. [64] розроблено математичне та програмне забезпечення до оптимізації параметрів системи ремонту і термінів служби вагонів, при яких одночасно враховується економічна ефективність, умови забезпечення безпеки руху й існуючі (або перспективні) можливості ремонтної бази вагонного господарства. Усе зроблено на прикладі піввагона.

Лхамжавіном Болдом [81] під час виконання оптимізації системи ТОiP вагонів враховувалися такі складові експлуатаційної середовища, як оборот вагона і протяжність гарантійних ділянок ПТО. Розроблена методика розрахункового обґрунтування протяжності гарантійних ділянок ПТО вагонів.

Устичем П. А. [153] була розроблена концепція і принцип функціонування нової інформаційної системи, запропоновано критерії оптимізації довговічності й системи ремонту вантажного вагона та розроблено методику й алгоритм оптимізації структури і параметрів системи ремонту.

Шикина Д. И. [173] виконала оптимізацію нормативного терміну служби і системи технічного обслуговування та ремонту піввагона з врахуванням такої складової експлуатаційного середовища, як якість його ремонту.

Також представниками інших російських шкіл зроблені такі внески. Буткин М. Г. [31] виконав комплексну оцінку технічного стану вантажних вагонів та розробив методику моделювання процесів взаємодії піввагонів для оцінки втомної міцності конструкції при дії поздовжнього навантаження, а Данилов А. А. [49], на основі моніторингу технічного стану вантажних вагонів досяг підвищення ефективності організації виробництва системи експлуатації та ремонту рухомого складу.

У праці професора ВНІЖТу (Російська Федерація) М. О. Буше [30] вказується, що при впровадженні нового технічного пристрою, методів та засобів відновлення, елементів вагонів нового покоління слід виходити не з їх первісної вартості, а з витрат на повний життєвий цикл за рахунок довговічності, безвідмовності й ремонтпридатності. Для цього повинні накопичуватися результати наукових досліджень, стендових експлуатаційних випробувань, розрахунків витрат на повний життєвий цикл виробів (з урахуванням ремонтів).

Наукові дослідження в цьому напрямку виконувалися науковцями ДНУЗТ (колишній ДПТ, Україна) починаючи з 60-х років минулого століття, у рамках яких було створено дослідні маршрути Кривий Ріг–Запоріжжя Лівє, а в середині 80-х рр. – дослідний маршрут «Рокувата–Ужгород–Кошице» [101].

У роботі А. А. Воробйова [35] побудову системи ТОіР пропонується виконувати з урахуванням параметричних і непараметричних відмов обладнання на основі єдиного критерію мінімальних витрат з використанням методу динамічного програмування. У цій роботі створено модель формування системи ТОіР з урахуванням технічного стану електровозів.

У працях [154, 159] розроблено економіко-математичні моделі для розрахунку міжремонтних періодів вагонів з урахуванням їх технічного стану, потужності ремонтної бази і її технічного забезпечення.

У роботі [112] здійснено розрахунок оптимальної довжини гарантійної ділянки проходження вантажних поїздів відносно параметра безпеки вагона і ймовірності якості технічного обслуговування поїзда на ПТО (ймовірність $P = 0,7$ досягається за умови, що штат оглядачів має дуже високу кваліфікацію і забезпечений відповідним інструментом і пристроями для виявлення та усунення несправностей). Отримано графічні розв'язки оптимальності терміну служби за критерієм беззбитковості, виходячи з яких встановлено, що призначений термін служби піввагона може варіюватися від 24 до 30 років залежно від ефективності його використання в перевізному процесі й кількості капітальних ремонтів.

У роботах [150, 158] розглядаються вдосконалення конструктивних схем вагонів, технологій їх ремонту та виготовлення, міцність несучих конструкцій. Визначається вплив цих параметрів на термін служби вагонів та їх надійність, при цьому не розглядаються питання поліпшення конструкцій рухомого складу з позиції підвищення якості технічного обслуговування.

Роботи М. І. Капіци, Б. Є. Бондаря, Е. Д. Тартаковського [16, 17, 65, 142] стали великим внеском у напрямку вдосконалення системи технічного утримання локомотивів шляхом впровадження методів і засобів технічної діагностики та контролю параметрів вузлів та деталей рухомого складу.

У дослідженнях вітчизняних вчених Г. Г. Басова, А. П. Фалендиша [12, 156] пропонуються шляхи вирішення проблеми визначення основ забезпечення працездатності рухомого складу в процесі його експлуатації, оптимізації системи технічного обслуговування та ремонту нового рухомого складу шляхом

поєднання системи планово-попереджувального ремонту та системи ремонту за технічним станом.

У науково-дослідних роботах вчених ДНУЗТ С. В. Мямліна, В. В. Мямліна наведено огляд технічних можливостей підприємств з ремонту рухомого складу за кордоном. В роботах [83, 107] на основі аналізу існуючої планово-попереджувальної системи ремонту вантажних вагонів розроблено низку пропозицій з удосконалення цієї системи та запропоновано нові підходи з технічного утримання вагонів нового покоління. Автори, спираючись на результати дослідної експлуатації піввагонів нового покоління, пропонують збільшити нормативні строки (у роках та кілометрах) періодичності надходження цих вагонів до ремонту.

Визначення раціональних строків ремонтів обладнання, що зношується, виконується в роботах професора ДНУЗТ А. А. Босова [20, 21, 22, 23], який у своїх працях розглядає теоретичні основи дії ремонтних впливів на надійність технічних об'єктів. В основу його теорії покладено оператор відновлення як математична модель ремонтного впливу. Цей підхід дозволив враховувати технологію ремонту й визначати економічні показники системи утримання. Запропонований підхід може бути використаний як для окремих елементів рухомого складу, так і для об'єкта в цілому.

У роботах Л. А. Мурадяна та Д. М. Барановського [11, 89, 91, 92, 109, 110] на основі застосування основних законів розподілу випадкових величин: експоненціального, нормального та закону Вейбулла–Гнеденка наведено визначення ймовірнісних показників надійності вагонів. Запропоновано вирази для обчислення величини зносу деталей або з'єднань вантажних вагонів. На основі байєсівського методу авторами було зроблено поєднання двох моделей: за відмовами вантажних вагонів і за зміною фізико-механічних характеристик складових матеріалів.

Вагомий внесок у вирішення питання підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів внесли вчені Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (м. Дніпро), Українського державного університету

залізничного транспорту (м. Харків), Науково-дослідного та конструкторсько-технологічного інституту залізничного транспорту АТ «Укрзалізниця» (м. Київ), Державного університету інфраструктури та технологій (м. Київ), Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк), ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (м. Кременчук), ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (м. Кременчук), Головного спеціалізованого конструкторського бюро з вагонобудування ім. В.М. Бубнова (м. Маріуполь), ПрАТ «Дніпровагонмаш» (м. Кам'янське) та інші.

Очевидно, що питання підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів є актуальним, а його розв'язання є складним і потребує комплексного підходу.

1.2 Аналіз сучасного стану парку вантажних вагонів України

1.2.1 Стан парку вантажних вагонів України

Парк вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» становив 110,5 тис. вантажних вагонів, з них – 50 тис. піввагонів. У робочому стані перебуває до 90 тис., інша частина парку фактично не експлуатується (у запасі або в ремонті). За загального обсягу навантажування вантажів – приблизно 1 млн т на добу – необхідна кількість вагонів становить майже 145 тис. одиниць [148, 151]. Процентний розподіл основного парку вантажних вагонів за типами наведено на рис. 1.1.

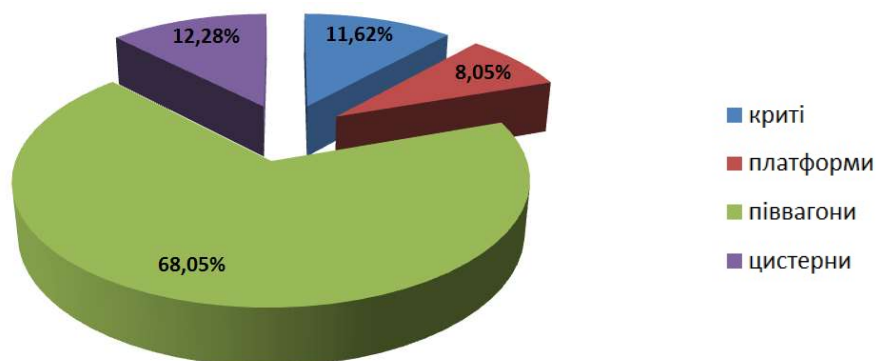


Рисунок 1.1 – Процентна частка основних типів вантажних вагонів парку АТ «Укрзалізниця» [148, 151]

Переважна кількість парку вантажних вагонів, майже 86 %, побудована в період з 1970 по 1990 роки, середній знос парку становить приблизно 90,2 %, з них піввагонів – 89 %. Наприкінці 2015 року закінчився термін служби 16 991 піввагона та 1 257 зерновозів, у 2016 році – відповідно 9 605 піввагонів і 1 143 зерновозів, у 2017 році – 9 801 піввагона й 2 645 зерновозів. Аналіз тенденцій скорочення парку вантажних вагонів на період до 2020 р. наведено на рис. 1.2 [147, 148].



Рисунок 1.2 – Баланс робочого парку на період до 2020 р. [147, 148]

Українські залізниці відчувають дефіцит вантажних вагонів, переважно піввагонів та зерновозів. Агресивні до вагона умови експлуатації призводять до пошкодження й надходження вагонів у технічне обслуговування [7, 93].

1.2.2 Впровадження вагонів нового покоління з поліпшеними експлуатаційними показниками

В Україні успішно освоєно виробництво та впроваджено в експлуатацію сучасний рухомий склад для вантажних перевезень.. У результаті багаторічної тісної співпраці фахівців та науковців Крюківського вагонобудівного заводу (КВБЗ), Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ), Інституту технічної механіки Національної академії наук України та Державного космічного агентства України (ІТМ НАНУ і ДКАУ), Інституту електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України

(ІЕ НАНУ) та Українського науково-дослідного інституту вагонобудування (УкрНДІВ) та інших, було здійснено широкомасштабні теоретичні та експериментальні дослідження: великої кількості модифікацій вітчизняних і закордонних конструкцій вагонів, результатів розрахунку напружено-деформованого стану та ресурсу конструкцій основних вузлів вагонів, вимог до нових конструкційних матеріалів, динаміки і взаємодії колії та вагонів з новими перспективними параметрами ходових частин – візками вагонів, механічних властивостей, мікро- і макроструктури листового металопрокату, режимів їх зварювання, а також показників міцності та холодостійкості зварних з'єднань із цих сталей, результатів динамічних та експлуатаційних випробувань окремих вузлів і вагонів. На основі цих досліджень розроблено новаторські проектні рішення, конструкційні матеріали й технологічні процеси, які дали можливість створити вагони нового покоління на рівні світових стандартів з високою конкурентоспроможністю на внутрішньому та зовнішньому ринках. Так, у результаті дослідно-конструкторських розробок і комплексу теоретичних та експериментальних наукових досліджень було створено, освоєно у серійному виробництві та впроваджено в експлуатацію цілий модельний ряд різних типів інноваційних вантажних вагонів, наприклад: піввагон моделі 12-7023-01 на візках 18-7020 з осьовим навантаженням 23,5 т, піввагон моделі 12-7039 на візках моделі 18-7033 з осьовим навантаженням 25 т, залізнична платформа моделі 13-7024 для перевезення великотоннажних контейнерів, типорозмірний ряд бункерних вагонів для перевезення сипких вантажів (зерна, цементу тощо) моделей 19-7053, 19-7016 і 19-7017.

Основними складовими ефективності рухомого складу нового покоління, що експлуатується, є [108]:

1. Збільшення в 1,4 разу тривалості життєвого циклу вагонів; зменшення коефіцієнта їх матеріалоємності з 0,336 до 0,322–0,318; виготовлення стін вагонів з гарячекатаних та гнутих профілів з низьколегованих сталей класом міцності 375-390 МПа; виготовлення хребтової балки із зетового профілю з класом міцності не менше ніж 390 МПа;

2. Зменшення інтенсивності «виляння» візків за рахунок застосування ковзунів постійного контакту; зниження маси тари вагонів.

3. Збільшення міжремонтного пробігу до 500 тис. км, зниження середньорічних витрат на ремонт та обслуговування вагонів у 3,5 разу.

Такі переваги вагонів нового покоління забезпечили загальний економічний ефект понад 1 млрд. грн [108].

Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна у 2013 році за участю автора виконано комплексні випробування вагонів нового покоління, піввагона моделі 12-7039-01 та вагона для зерна моделі 19-7053 на візках моделі 18-9836. Ці випробування включали в себе: випробування на відповідність габариту, проходження кривих малого радіуса, випробування з визначення поколінного навантаження, міцнісні статичні випробування, міцнісні ходові випробування, ходові динамічні показники, ходові й стаціонарні гальмівні випробування, ударні випробування. На підставі виконаних випробувань встановлено, що вагони нового покоління: піввагон моделі 12-7039-01 та вагон для зерна моделі 19-7053 на візках моделі 18-9836 відповідають вимогам нормативних документів [131].

1.3 Аналіз системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на залізницях України

1.3.1 Розвиток системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів

Система ТОіР рухомого складу є важливою частиною забезпечення безпеки руху та процесу перевезень на залізничному транспорті. Система ТОіР – це динамічна система, яка постійно вдосконалювалася під впливом досягнень науки і техніки у методах діагностування, конструкціях рухомого складу, технології ремонту та інших факторів. Аналіз систем ТОіР вантажних вагонів на залізницях України свідчить про те, що за час свого існування вона постійно

розвивалася і змінювалася залежно не тільки від умов експлуатації, а й від її інтенсивності [95, 126, 169].

Точкою відліку прийнято вважати [32] перші післявоєнні роки, коли залізничний транспорт почав інтенсивно відновлюватися та розвиватися. З 1946 р. по 1955 р. діяла система ремонту за технічним станом. Відсутність надійних засобів діагностування та прогнозування стану вантажних вагонів разом з переходом до чотиривісних суцільнометалевих вагонів, які мали більш складну конструкцію, були причиною переходу у 1955 році до планово-попереджувальної системи ремонту за напрацюванням (наказ № 4 ЦЗ від 06.01.1955). Системою ремонту вагонів передбачалося три види ремонту: капітальний ремонт (КР) – з періодичністю 10 років; середній ремонт (СР) – з періодичністю 5 років (окрім спеціальних вагонів), поточний ремонт та річний ремонт (який з 1961 року почав називатися деповським). Така система ремонтів проіснувала до 1961 р., коли наказом № 40 Ц була введена система ТОіР, яка передбачає два види ремонту – заводський ремонт (ЗР) і деповський ремонт (ДР), з урахуванням особливостей експлуатації різних типів вантажних вагонів. Відповідно до наказу № 36Ц від 1971 р., крім ДР і ЗР, було додано поточний безвідчіпний, поточний відчіпний ремонт, технічний огляд та технічну ревізію.

Слід виділити наказ № 32Ц від 22 вересня 1980 року, у якому вперше була введена науково обґрунтована періодичність планових ремонтів вантажних вагонів, що передбачає диференційований підхід до вагонів як до об'єктів з різним ступенем експлуатації та терміном служби.

Перехід до прогресивного виду ремонту з урахуванням фактичного стану вантажного вагона частково врахований у наказі № 4Ц від 19 січня 1990 р «Про введення нової періодичності планових ремонтів вантажних вагонів». Цим наказом вводилася стратегія ДР за технічним станом, однак з деякими застереженнями керівникам депо дозволялося проводити відстрочку планових видів ремонту вагонів, які забезпечують за своїм технічним станом безпеку

руху й збереження вантажів, на термін не більше ніж 6 місяців (у додатку до цього наказу наведена періодичність ДР за напрацюванням).

У 1995 року згідно з наказом Державної адміністрації залізничного транспорту знову була встановлена стратегія ДР за календарним напрацюванням. У 2002 р. система ТОіР за напрацюванням набула нового розвитку, стало можливе надходження в ремонт вантажних вагонів з урахуванням фактично виконаної роботи, яка вимірювалася в кілометрах пробігу [32, 111, 126].

1.3.2 Огляд діючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів

Вимоги до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця», яка є складовою частиною системи планово-попереджувального ремонту рухомого складу АТ «Укрзалізниця» установлює СТП 04 - 010:2018 [142].

Система ТОіР вагонів призначена для забезпечення стійкої роботи вагонного парку та підтримання його технічного стану на заданому рівні.

Несправними вважаються вагони, які за своїм технічним станом не можуть бути допущені до експлуатації на залізничні колії загального користування. Несправність вагона встановлюється працівниками на яких відповідно до національного законодавства, покладено обов'язки з технічного обслуговування й контролю технічного стану вагонів.

Система ТОіР вантажних вагонів передбачає такі види технічного обслуговування та ремонту [142, 146]:

- комплекс операцій або операція з підтримання працездатності або справності вагона в сформованих або транзитних поїздах, а також порожнього вагону під час підготування до перевезень без його відчеплення від складу поїзда або групи вагонів (ТО);

- технічне обслуговування порожніх вагонів при комплексній підготовці до перевезень з відчепленням від состава чи групи вагонів з подачею на спеціалізовані колії (ТОВ-1);

- технічне обслуговування вантажних або порожніх вагонів з відчепленням їх від транзитних та прибулих поїздів або від сформованих составів, яке виконується на коліях технічного обслуговування з відчепленням або на спеціалізованих коліях станції (ТОВ-2);

- технічне обслуговування з діагностуванням (ТОД);

- технічна ревізія (ТР);

- деповський ремонт (ДР);

- капітальний ремонт (КР);

- деповський ремонт з продовженням терміну служби (ДРП);

- капітальний ремонт з продовженням терміну служби (КРП).

Технічне обслуговування з діагностуванням (ТОД) – комплекс операцій з проведенням візуально-вимірювального контролю технічного стану складових частин вагона та використанням при цьому діагностичних засобів, що виконують після переведення вагона в неробочий парк та його подачею на спеціалізовані колії.

Технічна ревізія (ТР) – комплекс операцій, до яких входить візуально-вимірювальний контроль технічного стану складових частин вагона, що виконують після переведення вагона в неробочий парк та його подачею на спеціалізовані колії вагоноремонтного підрозділу. ТР це технічне обслуговування вагону, яке виконують відповідно до вимог чинної НД. ТР підлягають складові частини конкретної моделі вантажного вагону, що впливають на збереження вантажів та безпеку руху;

Деповський ремонт вагона (ДР) – ремонт, який виконують для відновлення справності та часткового відновлення ресурсу вагона, з контролем технічного стану його складових частин, при цьому забезпечують проведення заміни або відновлення деталей та вузлів вагона обмеженої номенклатури. ДР вагону виконують за відповідними критеріями в терміни згідно цього

стандарту, в межах призначеного та подовженого терміну служби, який визначено технічними умовами на виготовлення вагона та чинною НД. Залежно від стану вагона (експлуатаційні пошкодження, аварія тощо) ДР може бути підвищеного обсягу;

Капітальний ремонт вагона (КР) – ремонт, який виконують для відновлення повного або близького до повного ресурсу вагона, із заміною або відновленням будь-яких його складових частин.

Капітальний ремонт з продовженням терміну служби (КРП) – контроль технічного стану всіх несучих елементів конструкції вагона з відновленням їх призначеного ресурсу, заміною або відновленням будь-яких його складових частин, включаючи базові, і призначенням нового терміну служби.

Необхідність виконання ТОД визначається за результатами експлуатації вагонів або їх складових частин при виявленні випадків порушення технології виготовлення / ремонту, що тягнуть за собою виникнення раптових відмов складових частин вагонів, які визначають безпеку їх експлуатації.

Види технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за видом та критерієм постановки на ремонт наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Види технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів

Технічного обслуговування та ремонту	Вид ремонт	Критерій постановки на ремонт
Технічне обслуговування (ТОВ-1 і ТОВ-2)	Неплановий	Постановка на ремонт здійснюється без попереднього призначення за технічним станом вагона
Технічне обслуговування з діагностуванням (ТОД)	Плановий	Постановка на ремонт здійснюється за спеціальним поданням керуючих органів інфраструктури / залізничної адміністрації або інших, на які, відповідно до національного законодавства, покладено обов'язки з контролю за безпекою експлуатації вантажного вагонного парку
Деповський (ДР)	Плановий	Постановка на ремонт здійснюється за встановленими нормативам
Капітальний (КР)	Плановий	Постановка на ремонт здійснюється за встановленими нормативам
Капітальний ремонт з продовженням терміну служби (КРП)	Неплановий (без попереднього призначення)	Здійснюється за технічними умовами, узгодженими встановленим порядком
Примітка: Випадок відчеплення вагона в ТОВ-2 підлягає розслідуванню порядком, встановленим залізничної адміністрацією / власником інфраструктури.		

Нормативи періодичності проведення деповських ремонтів встановлюються за вибором власника вагона за одним з двох критеріїв: комбінованим чи одиничним (табл. 1.2) [142, 77].

Таблиця 1.2 – Критерії проведення планових видів ремонту

Комбінований критерій	Одиничний критерій
Одночасно враховує фактично виконаний обсяг робіт, виражений у кілометрах пробігу вагона, і календарну тривалість, виражену в роках, використання вагона від побудови (планового ремонту) до моменту подачі вагона в перший (наступний) плановий ремонт, при цьому вагон надходить в ремонт при досягненні одного з двох зазначених показників	Календарна тривалість експлуатації вагона, виражена в роках, від побудови (планового ремонту) до моменту подачі вагона в перший (наступний) плановий ремонт

Комбінований критерій застосовується для чотирьох і восьмивісних вагонів з восьмизначною нумерацією, що використовуються для перевезення вантажів, призначених для їх моделей та конструктивних особливостей, зареєстрованих в Автоматизованому банку даних парку вантажних вагонів (далі – АБД ПВ). Облік виконаного обсягу робіт, вираженого в кілометрах пробігу вагона, і облік календарної тривалості, вираженої в роках, здійснюється АБД ПВ. Використання вагона (порожнього / навантаженого) в робочому парку з досягнутим міжремонтним нормативом (комбінованим або одиничним) не допускається. Допускається використовувати вагони з вичерпаним терміном капітального ремонту для перевезення вантажів до закінчення міжремонтного нормативу від останнього деповського ремонту.

Норматив ремонту по пробігу є більш прогресивним, оскільки він враховує фактично виконаний обсяг робіт кожним конкретним вагоном. Якщо вагон інтенсивно використовується, граничне значення нормативу за пробігом може настати до завершення нормативу календарної тривалості експлуатації.

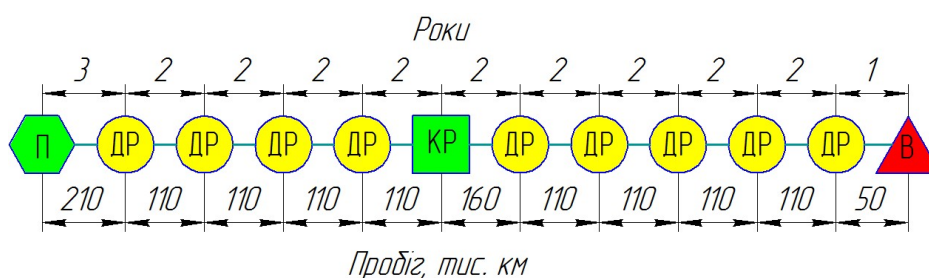
Керівні органи інфраструктури / залізничної адміністрації або інші, на які, відповідно до національного законодавства, покладено обов'язки щодо безпеки експлуатації вантажного вагонного парку, мають право встановлювати відмінну періодичність планових видів ремонту вагонів «власної» приписки (такі вагони підлягають використанню тільки у внутрішньодержавному курсуванні) [124].

Переважна більшість вантажних універсальних вагонів повинна надходити в плановий ремонт згідно з такими критеріями (рис. 1.3) [26, 124].



Рисунок 1.3 – Критерії надходження переважної кількості вантажних універсальних вагонів у ремонт [26, 124]

Детальніше розглянемо діючу систему планово-попереджувального ремонту найбільш затребуваного та масового типу вантажних вагонів – універсальних піввагонів, яка наведена на рис. 1.4.



П – побудова, ДР – депо́вський ремонт, КР – капіта́льний ремонт; В – виключення

Рисунок 1.4 – Система планово-попереджувального ремонту універсального піввагона [124]

На підприємствах вагонного господарства АТ «Укрзалізниці» при проведенні планових видів ремонту вантажних вагонів виконується модернізація візків за проектами С03.04, С14.01 та іншими.

Проект С03.04 передбачає модернізацію візків з використанням упорно-коткових ковзунів, фрикційних клинів з високоміцного чавуну, полімерних прокладок у п'ятнику та клиновій системі, а також обточку коліс по профілю ИТМ-73. Проект С03.04 збільшує міжремонтний ресурс візків у 4-5 разів.

Проект С.14.01 передбачає використання металевих прокладок, виготовлених зі сталі марок 30ХГСА та 20ХГСА, які встановлюються в підп'ятник та похилі площини надресорних балок. Оди́нарні фрикційні планки

замінюються на подвійні, а сталі фрикційні клини – на чавунні. На опорні поверхні буксового отвору бокової рами встановлена зносостійка скоба. Обточка коліс виконується по профілю ГОСТ-9036 або ДИИТ-УЗ [84]. Модернізація візків за проектом С14.01 дає можливість збільшити міжремонтний ресурс основних деталей та вузлів візка до 30 %.

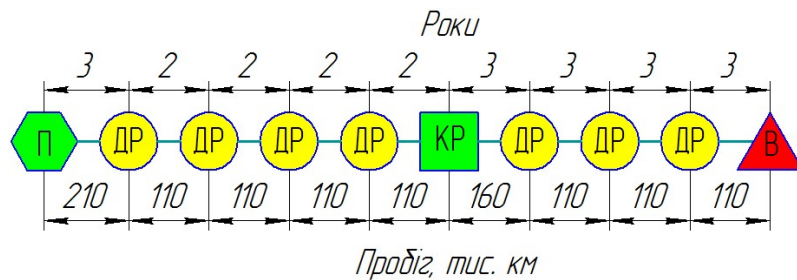
З метою раціоналізації співвідношення чинних нормативів у існуюче Положення про систему технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів були внесені зміни:

- для усіх вагонів, у яких норматив пробігу після капітального ремонту становить 160,0 тис. км, встановити календарну тривалість використання, яка складатиме 3 роки (замість діючих 2 років);

- вантажним вагонам, візки яких модернізовані з використанням зносостійких металевих або полімерних елементів у вузлах тертя, після деповського ремонту до наступного планового ремонту встановити норматив пробігу 160,0 тис. км, а календарну тривалість міжремонтного періоду – 3 роки;

- вантажним вагонам, візки яких модернізовані з використанням зносостійких металевих або полімерних елементів у вузлах тертя після капітального ремонту до наступного планового ремонту встановити норматив пробігу 210,0 тис. км, а календарну тривалість міжремонтного періоду – 4 роки.

В роботах [83, 116] пропонується у проміжках між деповськими ремонтами при подовжених нормативах періодичності проведення чергових планових ремонтів встановити виконання нового виду ремонту – поточного ремонту з відчепленням стаціонарним методом у виробничих приміщеннях депо, основним завданням якого буде оздоровлення кузова та рами вагона без розбирання та ремонту ходових частин. Запропонована система ремонту схематично наведена на рис. 1.5. Вона дає змогу в діапазоні від першого капітального ремонту до виключення замість 5 деповських ремонтів проводити лише 3. При середній вартості одного деповського ремонту 35 тис. грн економія за період від введення нової системи ремонту вагонів до його виключення становитиме 70 тис. грн. [83, 116].



П – побудова, ДР – депо́вський ремонт, КР – капіта́льний ремонт; В – виключення

Рисунок 1.5 – Запропонована система планово-попереджувального ремонту універсального піввагона [116]

На рис. 1.6 зображена система ремонту піввагонів нового покоління побудови заводів Російської Федерації [112].

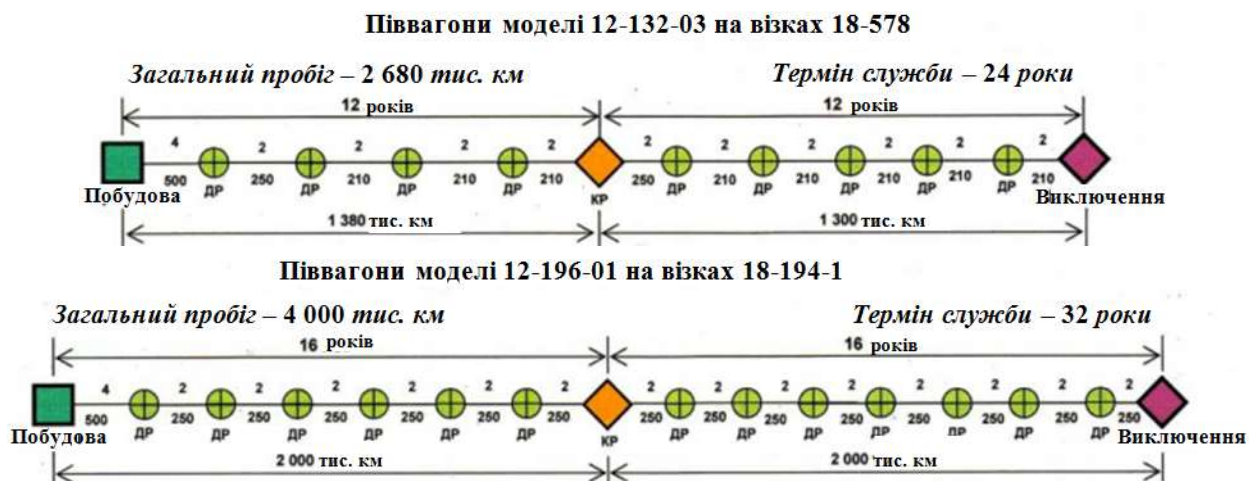


Рисунок 1.6 – Система планово-попереджувального ремонту піввагонів нового покоління побудови заводів Російської Федерації [112]

1.4 Огляд міжнародного досвіду в організації системи технічного обслуговування та ремонту рухомого складу залізниць

Огляд міжнародного досвіду в організації системи технічного обслуговування та ремонту рухомого складу залізниць представлений в додатку А.

Аналіз системи ремонту на залізницях Північної Америки свідчить про те, що тут злагоджено співіснують планово-попереджувальна система ремонту та ремонт за станом. Міжремонтні строки обирають за критерієм мінімуму витрат

на поточне утримання вагона [137, 138]. Для проведення ремонту рухомого складу залучаються сторонні компанії, які спеціалізуються на ремонті рухомого складу та можуть самостійно визначати систему ремонту. Якщо технічний стан вагона вимагає значного ремонту, його списують, вважаючи за краще заплатити гроші за новий [57, 119, 144]. Це стало можливим завдяки оновленню вагонного парку. Візки вагонів укомплектовані колісними парами з касетними підшипниками, кузов вагона виготовляється на основі болтових з'єднань, автогальма обладнані системами повізкового гальмування із застосуванням безнарізних з'єднань. Це дозволило підвищити пробіг вагона до першого планового ремонту з 210 до 500 тис. км [119].

Система технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на залізницях країн Європи залізниць базується на плановій системі ремонту. Зміна підходу до системи ТОіР рухомого складу очікується з впровадженням системи інформаційної підтримки де кожна транспортна одиниця розглядається як комплекс окремих вузлів і деталей, які занесені в базу даних і підлягають контролю згідно з встановленим параметрам, тобто за основу беруть стан окремих компонентів, а потреба в контролі стану всієї транспортної одиниці відпадає.

Реформування системи ТОіР тягового рухомого складу (далі – ТРС) відбувається найбільш інтенсивно. У системі ТОіР ТРС триває перехід від системи планово-попереджувального обслуговування та ремонту з виконанням регламентованого обсягу робіт на користь виконання робіт за фактичним станом на основі накопиченого досвіду й значного обсягу діагностування.

Висновки до розділу 1

Огляд та аналіз наукових джерел та фахової літератури з досліджуваної теми підтверджує, що питання вдосконалення системи ТОiР вантажних вагонів є актуальним, а його вирішення є складним і потребує комплексного підходу.

Аналіз стану парку вантажних вагонів показує, що українські залізниці відчувають значну нестачу вантажних вагонів, особливо універсальних піввагонів та хоперів. Для зменшення дефіциту вантажних вагонів програмою оновлення залізничного транспорту передбачено до 2020 року оновити рухомий склад шляхом проведення ремонту з модернізацією та придбання вагонів нового покоління.

Огляд конструктивних особливостей вагонів нового покоління та проектів модернізації вантажних вагонів дозволяє зробити висновки, що сучасні технології вагобудування та відновлення вагонів дають можливість підвищити експлуатаційні показники та показники надійності рухомого складу, зменшити зноси вузлів та деталей, а це дозволяє збільшити міжремонтні пробіги вагонів та зменшити затрати на їх ремонт та технічне обслуговування.

Аналіз розвитку системи ТОiР вантажних вагонів на залізницях України показав, що вона постійно розвивалася і змінювалася. Діюча планово-попереджувальна система не враховує багато чинників, основним з яких є фактичний стан вагона. Збільшення календарної тривалості експлуатації, а також ремонт за пробігом не повною мірою відображають можливості підвищення міжремонтних нормативів для вагонів нового покоління.

Огляд досвіду організації ТОiР вантажних вагонів залізниць Америки та Європи показує, що не існує однієї спільної системи ремонту. Навіть у межах однієї країни різні залізничні компанії застосовують різні підходи до системи ТОiР вантажних вагонів. При вдосконаленні системи ТОiР вантажних вагонів корисним буде перейняти досвід впровадження системи ТОiР з урахуванням дійсного стану на самохідному рухомому складі, результати якого є успішними та економічно обґрунтованими.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

2.1 Стратегії системи технічного обслуговування та ремонту

Система технічного обслуговування та ремонту – це комплекс організаційних і технологічних заходів з обслуговування та ремонту рухомого складу. Система ТОіР включає планування, підготовку, реалізацію технічного обслуговування та ремонту із заданою послідовністю, періодичністю та залежно від обраної стратегії технічного обслуговування та ремонту. Для цих цілей розробляються конкретні нормативи тривалості міжремонтних періодів, ремонтних циклів та ін.

Система ТОіР вантажних вагонів покликана запобігати несподіваному виходу його з ладу та забезпечувати [169]: підтримку вагона в працездатному стані, правильну організацію технічного обслуговування та ремонту, збільшення часу корисного використання вагона за рахунок підвищення якості технічного обслуговування та ремонту, зменшення простою в ремонті, своєчасну підготовку необхідних запасних частин і матеріалів. Періодичність надходження вантажного вагона до ремонту визначається з умови забезпечення безпеки руху, екологічних та економічних ризиків. При проходженні вагоном встановленого виду ремонту (ДР, КР, КРП) його відновлений ресурс повинен забезпечити задані показники надійності на наступний міжремонтний період.

При впровадженні вагонів нового покоління, а також експлуатації існуючого парку вантажних вагонів постають питання оптимізації пробігів вагонів між плановими видами ремонту та підвищення ефективності діючої системи ТОіР в цілому. Діюча планово-попереджувальна система ремонту рухомого складу не здатна повною мірою підтримувати належний технічний стан вагонного парку та не відповідає сучасним вимогам до підвищення надійності вантажних вагонів [90, 100, 122, 127]. Одним з варіантів подолання

перелічених недоліків є оптимізація пробігів вантажних вагонів між плановими видами ремонту [83, 130], але більш ефективний шлях – це поступовий перехід до нових систем ТОіР [12, 55]. Існуючі стратегії, які можуть бути застосовані для системи ТОіР вантажних вагонів, наведені на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Стратегії системи технічного обслуговування та ремонту [169]

2.1.1 Планово-попереджувальна система ремонту

Плановий ремонт – ремонт, постановка на який відбувається відповідно до вимог нормативно-технічної документації [45, 71]. Планово-попереджувальна система ремонту вантажних вагонів (далі – ППР) базується на запобіжному профілактичному впливі. Накопичена за багато років експлуатації рухомого складу статистика дозволяє розрахувати середній час роботи вантажного вагона, тобто норми періодичності надходження до ремонту (рис. 2.2) [169].

До переваги стратегії ППР можна віднести:

- контроль тривалості міжремонтних періодів роботи;
- регламентований та завчасно відомий час простою в ремонті;
- прогнозування витрат на ремонт вантажного вагона, його агрегатів та вузлів;
- розрахунок чисельності ремонтного персоналу залежно від програми ремонту.

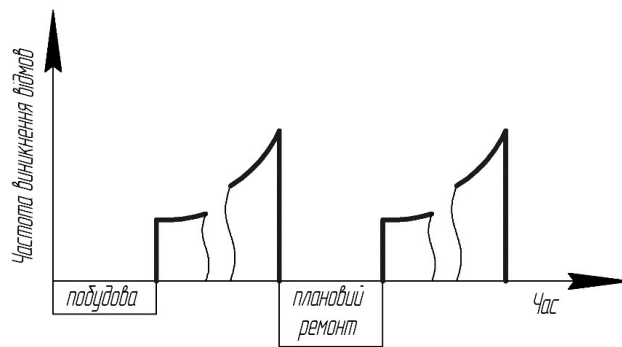


Рисунок 2.2 – Стратегія планово-попереджувальної системи ТОіР [12]

Водночас система ППР вантажних вагонів має багато недоліків, основні з яких наступні [95]:

- до ТОВ-1 і ТОВ-2 надходить значна кількість вагонів (відсутність гарантій безвідмовної роботи вагонів у проміжку між плановими ремонтами). До технічного обслуговування з відчепленням вагони надходять від двох до п'яти раз на рік. Такі вагони можуть вибувати з експлуатації на період від двох діб і більше [112, 163];
- значна кількість фінансових, матеріальних витрат та людських ресурсів на обслуговування та ремонт;
- застарілі нормативи, які регламентують надходження вагонів у ремонт: більшість з них розроблені за часів СРСР;
- не відображаються фактичні потреби в технічному обслуговуванні й ремонті конкретного вагона залежно від умов його експлуатації, роду перевезеного вантажу, неякісного ремонту, матеріалів, запасних частин;
- недовикористання ресурсу деталей та вузлів вагона;
- значна кількість регламентованих ремонтних робіт виконуються без особливої необхідності. Проведення необґрунтованих ремонтів збільшує можливі помилки монтажу та викликає повторне виникнення зношувань при припрацюванні, а значить, призводить до зменшення ресурсу деталей;
- після кількох ремонтних циклів вагон являє собою комплекс вузлів, які мають різний ресурс (старі деталі, нові деталі, відремонтовані деталі);

- ресурс вагона обмежений роками (нормативно встановлений термін служби), а не фактичним станом.

Система ремонту за фактично виконаною роботою (далі – за напрацюванням) базується на постановці об'єкта в ремонт при досягненні заданого значення обраного критерію. Найчастіше в техніці таким критерієм є мотогодини (для двигунів), кілометри пробігу (рухомого складу) та ін.

Перехід до систему ремонту за пробігом на залізничному транспорті став можливий після того, як була організована система обліку пробігу рухомого складу. Перевагою такої системи ремонту є те, що надходження в ремонт відбувається за фактом виконаної роботи, тобто вагон, який експлуатувався більш інтенсивно, потрапить у ремонт раніше, ніж той, що був менше задіяним у процесі перевезень. До недоліків такої системи слід віднести необхідність створення інформаційної бази. Невирішеним питанням також залишається вибір оптимального параметра, який буде точно відповідати стану об'єкта. Так, ремонт за пробігом не враховує багато факторів реальної експлуатації, які безпосередньо впливають на стан вантажного вагона, а саме: умови та райони експлуатації, завантаженість, експлуатаційні навантаження та ін. Питання про необхідність зміни або вдосконалення системи ремонту за пробігом при ремонті тепловозів порушувалося на залізниця США ще у 1950-1960 роках [2].

2.1.2 Ремонт за технічним станом

Ремонт за технічним станом – ремонт, при якому контроль технічного стану виконується з періодичністю та в обсязі, встановленими нормативно-технічною документацією, а обсяг та початок ремонту визначаються технічним станом виробу [45, 142]. У новому Міждержавному стандарті, який не було прийнято Україною, до цього терміну додається примітка: ремонти за технічним станом можуть бути плановими та неплановими [44].

Ремонт вагона за технічним станом (ділі – за станом) передбачає, що надходження вагона в ремонт відбувається після досягнення ним, згідно з вимогами нормативно-технічної документації, граничного стану і подальша

експлуатація якого загрожує безпеці руху або робить його експлуатацію нерентабельною. Ремонт за станом використовує принцип запобігання відмовам із забезпеченням максимально можливого напрацювання при мінімальних експлуатаційних витратах (рис. 2.3).

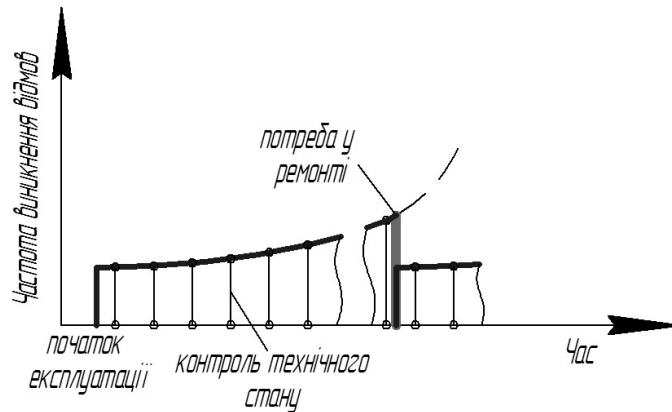


Рисунок 2.3 – Система ТОіР за станом [12]

Технічна складова обслуговування рухомого складу за технічним станом базується на тому, що існує взаємозв'язок між можливими технічними несправностями і діагностичними параметрами, які можливо контролювати, а більшість відмов вагона виникають через дефекти, а не термін роботи. Основою ремонту і технічного обслуговування за станом є технічне діагностування і прогнозування стану вагона і його вузлів із залученням математичного апарату теорії надійності [23, 91, 71, 170].

Впровадженням стратегії технічного обслуговування та ремонту обладнання за технічним станом можливо досягти скорочення витрати від 5 % до 24 % і більше [95, 121, 128].

Застосування системи ремонту і технічного обслуговування, орієнтованої на фактичний стан вагона і його вузлів, має такі переваги:

- постановка вагона в ремонт або технічне обслуговування відбувається тільки в разі потреби, виходячи з умов запобігання загрозі безпеці руху, економічної доцільності, екологічної безпеки;
- заміна тільки окремих деталей та вузлів вагона при досягненні їх граничного зносу або відхиленні робочих параметрів (більш повне використання ресурсу вагона та його окремих вузлів порівняно з ППР);

- міжремонтний термін служби залежить виключно від технічного стану вагона;

- враховуються фактичні потреби в технічному обслуговуванні й ремонті конкретного вагона залежно від умов його експлуатації, роду перевезеного вантажу, якості попереднього ремонту, матеріалів та запасних частин.

Впровадження системи ремонту за станом потребує додаткових фінансових витрат на збільшення існуючих та впровадження нових систем моніторингу та діагностування стану вагона, його деталей та вузлів у експлуатації та в ремонті, забезпечення сучасними засобами діагностування оглядачів вагонів для контролю важкодоступних та найбільш відповідальних елементів вагона та застосування засобів індикаторного контролю [9].

2.1.3 Експлуатація до відмови

Експлуатація до відмови – це найпростіша система ремонту, яка передбачає здійснення операцій з технічного обслуговування та ремонту обладнання або його заміну при досягненні критичного стану, який, як правило, характеризується неможливістю виконання заданих функцій, тобто втратою працездатності (відмовою) (рис. 2.4). Така система найменш вимоглива до рівня організації і планування праці.



Рисунок 2.4 – Система ТОіР до відмови [12]

До переваг такої стратегії ремонту слід віднести найбільшу тривалість міжремонтного періоду, яка дорівнює терміну експлуатації об'єкта (повне використання ресурсу), точне визначення моменту виходу обладнання з експлуатації та ін. При Системи ТОіР до відмови слід враховувати: витрати, які

спричинить вихід об'єкта з експлуатації, та наслідки відмови, які повинні включати в себе технологічні, екологічні, економічні та соціальні наслідки.

Незважаючи на вказані недоліки, у разі недорогого типового обладнання, відмова якого не спричиняє критичних наслідків, ця стратегія успішно застосовується на залізничному транспорті, зокрема й у вагонному господарстві.

2.1.4 Поєднання систем ремонту на основі ризиків

Існуючі базові системи ремонту – ППР, за станом і до відмови – у базовому своєму вигляді для великого виробництва або складної машини з підвищеними показниками надійності застосувати дуже складно, а подекуди й неможливо. У таких випадках різні системи ремонту поєднуються.

Технічне обслуговування, яке базується на оцінці ризиків (далі – RCM), набуло розвитку в 1960-х роках у авіації. Згідно з міжнародним стандартом ІЕС 60300-3-11, технічне обслуговування, орієнтоване на надійність, являє собою методологію виявлення й вибору політики запобігання відмовам (далі – політика управління відмовами), націленої на ефективне забезпечення необхідних складових безпеки, готовності й економічної експлуатації виробів [179]. Політика управління відмовами може включати дії з технічного обслуговування, зміни правил застосування, конструктивні доробки та інші дії, націлені на послаблення наслідків відмов [186]. Основними етапами програми RCM є: планування програми, аналіз функціональних відмов, відбір задач, впровадження, безперервне вдосконалення. Максимальну користь приносить проведення RCM-аналізу на стадії розробки виробів, коли його результати можуть безпосередньо вплинути на їх конструкцію. Водночас RCM-аналіз також корисний на етапах експлуатації, коли можуть бути вдосконалені зміст і методи ТО, виконані конструктивні й інші доробки.

Стратегії технічного обслуговування вантажних вагонів, які базуються на оцінці ризиків, являють собою процес систематичного визначення вірогідності відмов і наслідків відмов для деталей та вузлів вагона з метою визначення

оптимальних, пріоритетних термінів наступного технічного огляду та систем ТОіР. Методика обслуговування, орієнтована на надійність вантажного вагона:

- концентрує зусилля на працездатності вагона в цілому, а не на працездатності кожного його вузла;
- різні вузли та деталі вагона мають різну значущість для виконання процесу перевезення, а їх відмова призводить до різних наслідків;
- забезпечення надійної роботи особливо важливих вузлів, вихід з ладу яких становить загрозу безпеці руху.

Такий підхід передбачає класифікацію вузлів вагона відповідно до їх впливу на безпеку руху. Для системи RCM може бути визначний вид обслуговування та ремонту для кожного вузла чи елемента вагона, що базується на відповідних стратегіях. Наприклад, повітророзподільники та авторежими, повинні підлягати ППР, оскільки їх перевірка потребує зняття з вагона та випробування на стенді, також у їх складі є гумові діафрагми та манжети, які повинні бути замінені на нові в термін, встановлений виробником та інструкцією з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Деякі вузли вагона експлуатуються за станом, наприклад гальмівні колодки, валики та інші експлуатація яких обмежена їх граничним станом (наприклад товщиною).

2.1.5 Процедура вибору стратегії технічного обслуговування та ремонту

Для вдосконалення існуючої чи переходу до нової системи ТОіР вантажних вагонів необхідно оцінити надійність вагона в міжремонтному періоді. Для цього необхідно:

- визначити слабкі елементи, які лімітують час між технічним обслуговуванням та ремонтом, і за можливості визначити способи підвищення їх надійності;
- обрати мінімально достатню кількість контрольованих параметрів для отримання достовірної інформації про стан об'єкта діагностування (вантажного вагона) на поточний момент часу;
- обґрунтувати області допустимих змін контрольованих параметрів;

- розробити нові процедури та вдосконалити існуючі програми діагностування технічного стану окремих вузлів, деталей та вагона в цілому як складної механічної системи.

Спираючись на отримані дані розробляються математичні моделі, які описують процес експлуатації вантажного вагона з урахуванням впливу системи ТОіР на відмови вагона, які можуть варіюватися від незначних до катастрофічних. З впровадженням нових систем ремонту необхідно враховувати їх вплив на показники надійності та розв'язувати задачу мінімізації експлуатаційних витрат.

2.2. Показники надійності вагонів

2.2.1 Основні показники надійності вагонів

Терміни та визначення основних понять у галузі надійності технічних систем на етапах розробки вимог, проектування, виробництва, використання і ремонту наведені в державному стандарті ДСТУ 2860 [52].

Надійність вагона – властивість вагона зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. Надійність є комплексною властивістю об'єкта, що включає в себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережуваність.

Безвідмовність – властивість вагона виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку. Безвідмовність характеризує безперервну роботу вагона без будь-яких втручань для підтримки працездатності.

Наробіток (напрацювання) – тривалість роботи вагона. Наробіток вагона до відмови – наробіток вагона від початку експлуатації до виникнення першої відмови.

Працездатність – це стан вагона, при якому він здатний виконувати всі

потрібні функції, зберігаючи значення вихідних параметрів в межах, встановлених технічною документацією. Остання визначає умови експлуатації, систему і методи ТОіР, норми і допустимі відхилення від встановлених параметрів.

Відмова – це подія, що полягає в порушенні працездатності вагона. При експлуатації технічний стан елементів вагона погіршується і на певному етапі роботи виникає відмова, при якій елемент або вагон в цілому втрачає працездатність.

Показником безвідмовності вагона є ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ – ймовірність того, що в заданому інтервалі часу $t = T$ чи протягом заданого наробітку не виникне відмова ($0 \leq P(t) \leq 1$). Допустиме значення $P(t)$ вибирається в залежності від ступеня небезпеки відмови. Обираючи величину T , можна для будь-якого вузла вагона забезпечити необхідне значення $P(t)$, так як вони пов'язані функціональною залежністю:

$$P(t) = \int_{t=T}^{\infty} f(t)dt, \quad (2.1)$$

де $f(t)$ - інтенсивність ймовірності часу роботи вагона до відмови.

Довговічність – властивість вагона виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі ТОіР. Довговічність вагона характеризує роботу за весь період його експлуатації та враховує, що тривала робота неможлива без ремонтних і профілактичних заходів, які відновлюють працездатність, що втрачається в процесі експлуатації. Показники довговічності оцінюють властивість вагона зберігати працездатність до настання граничного стану, при досягненні якого подальша експлуатація вагона повинна бути припинена.

Граничний стан – стан вагона, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне.

Термін служби характеризує календарну тривалість, а ресурс – напрацювання вагона від початку експлуатації до списання, викликаного

настанням граничного стану. На термін служби вагона істотно впливає обсяг та якість ,

Ремонтопридатність – властивість вагону бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції при проведенні технічного обслуговування та ремонту.

Збережуваність – властивість вагона безперервно зберігати справний і працездатний стан в певних умовах зберігання і транспортування. Це властивість вагона відноситься не до періоду його безпосередньої експлуатації, а до часу знаходження в відстої, резерві і т. п.

Комплексним показником надійності вагонів є коефіцієнт технічного використання $K_{\text{ТВ}}$ ($0 < K_{\text{ТВ}} < 1$) – відношення математичного сподівання сумарного часу перебування вагона у працездатному стані за деякий період експлуатації ($T_{\text{пр}}$) до математичного сподівання сумарного часу перебування вагону в працездатному стані та у простоях, зумовлених технічним, обслуговуванням ($T_{\text{ТО}}$) і ремонтом ($T_{\text{р}}$) за той самий період. Чисельно він дорівнює ймовірності того, що в довільно взятий момент часу вагон працює, а не ремонтується.

$$K_{\text{ТВ}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{пр}} + \sum(T_{\text{р}} + T_{\text{ТО}})}, \quad (2.2)$$

Коефіцієнт технічного використання, взятий за період між плановими ремонтами, називається коефіцієнтом готовності. Коефіцієнт готовності $K_{\text{Г}}$ - імовірність того, що вагон виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання вагона за призначенням не передбачено. Коефіцієнт готовності оцінює непередбачені зупинки вагона з технічних причин, наявність яких свідчить про те, що планові ремонти виконують свою роль.

2.2.2 Визначення оптимального рівня надійності вагонів

Підвищення надійності вагонів може бути досягнуто розробкою і впровадженням більш досконалих конструкцій і технологічних процесів їх

виготовлення, використання більш міцних і корозійностійких матеріалів, висококваліфікованим технічним обслуговуванням і планованим проведенням ремонту і т. п. Всі ці заходи вимагають додаткових витрат.

При встановленні оптимального економічно обґрунтованого рівня надійності вагонів враховують, що вимоги підвищення безвідмовності і довговічності пов'язані з витратами на виготовлення і експлуатацію вагона (рис. 2.5): при більш високих вимогах до безвідмовності і довговічності вагона необхідні більш високі витрати на його розробку і виготовлення, що дозволить знизити витрати на його експлуатацію [27]. Окрім зазначених в роботі [27] витрат на експлуатацію (C_E), розробку та виготовлення потрібно враховувати витрати на дослідну експлуатацію та сертифікацію (C_B).

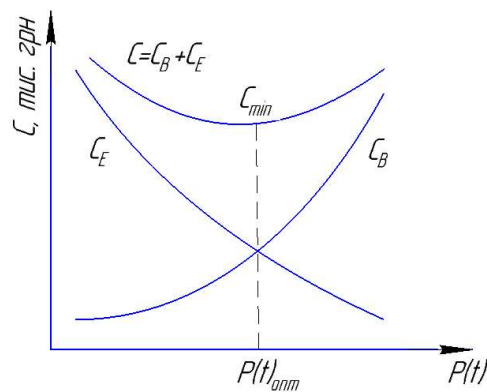


Рисунок 2.5 – Залежність витрат на розробку, виготовлення, дослідну експлуатацію, сертифікацію та експлуатацію вагона від його надійності [27]

Характеристики надійності вагонів є функцією великого числа змінних випадкових і не випадкових факторів. Однією з умов використання апарату оптимальних рішень для задачі визначення значень показників надійності є їх математичний опис і отримання цільової функції $Y = y(x_1, x_2, \dots, x_n)$. значення якої збільшується або зменшується в залежності від виду розв'язуваної задачі шляхом підбору значень змінних x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) і отримання залежностей для m обмежень $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq = \geq \} b_j, j = 1, 2, \dots, m$, де b_j - кількісне значення обмеження j -го виду.

Вагон слід розглядати як систему взаємопов'язаних елементів. Недостатня надійність вагона обумовлюється відмовами його окремих вузлів і

деталей. Прийнята система ТОіР вагона накладає великий відбиток на конструкцію вагона і навпаки. Так, безвідмовність деталей вагонів повинна базуватися на тривалості міжремонтних періодів. Якщо технічні можливості деталей забезпечують їх безвідмовну роботу в період більш тривалий, ніж міжремонтний, то з'являється можливість збільшення міжремонтного періоду. Разом з тим всі деталі вагона повинні мати ресурс, рівний або кратний міжремонтному періоду.

Частота надходження вагонів в поточний ремонт залежить не тільки від зовнішніх факторів і особливостей експлуатації, але також від обсягу і якості виконання попереднього ремонту. Для встановлення залежності технічного стану вагонів від обсягу і якості попереднього ремонту в роботі [49] вводяться такі позначення: $P(A_1)$, $P(A_2)$ – ймовірності того, що вагон пройшов недосконалий ремонт (з порушенням діючих НД) і досконалий ремонт (відповідно до діючих НД); $P(B/A_1)$, $P(B/A_2)$ – ймовірності того, що при певному режимі експлуатації вагон знову надійде в поточний ремонт (подія B) по несправності будь-якого вузла або елемента за умови, що раніше цей вагон проходив недосконалий ремонт (подія A_1) і досконалий ремонт (подія A_2); $P(A_1/B)$, $P(A_2/B)$ – ймовірності того, що вагон, який пройшов недосконалий ремонт (подія A_1), надійде в поточний ремонт (подія B) повторно по несправності, яка була усунена з порушенням технічних умов, і що вагон після скоєного ремонту (подія A_2) надійде в поточний ремонт також в результаті повторного виникнення несправностей; $P(B)$ – повна ймовірність надходження вагонів в поточний ремонт (подія B). Використовуючи формулу повної ймовірності настання несумісних подій [49]:

$$P(B)=P(A_1)P(B/A_1)+P(A_2)P(B/A_2), \quad (2.3)$$

і формули Бейса визначимо ймовірностей $P(A_1/B)$

$$\begin{cases} P(A_1/B) = \frac{P(A_1)P(B/A_1)}{P(B)} \\ P(A_2/B) = \frac{P(A_2)P(B/A_2)}{P(B)} \end{cases} \quad (2.4)$$

Таким чином, при недосконалому ремонті вагонів ймовірність надходження їх в повторний ремонт зростає. Відношення η показує у скільки разів ймовірність повторного надходження піввагонів в поточний ремонт після недосконалого ремонту більше ймовірності надходження в ремонт вагонів, що пройшли досконалий ремонт.

$$\eta = \frac{P(B/A_1)}{P(B/A_2)}, \quad (2.5)$$

Значення даного показника за даними роботи [49] для піввагонів становити 1,58 рази.

Накопичення несправностей в ходових частинах, буксах, гальмах і інших вузлах вагонів, призводить до збільшення числа відмов вагонів n , що залежать в основному від величини пробігу вагонів та якості проведеного технічного обслуговування (рис. 2.6). Під час огляду і поточного ремонту вагонів виявляють і усувають значну кількість несправностей відповідно залежність числа відмов від пробігу вагона буде розподіляються по кривим 2.

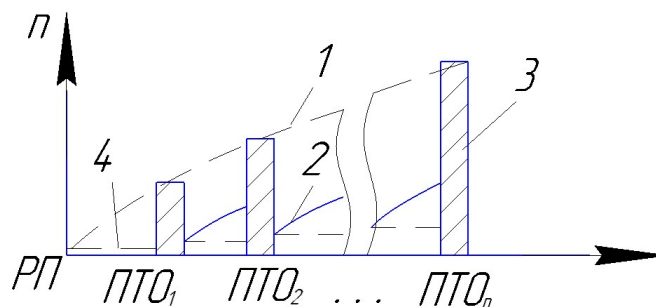


Рисунок 2.6 – Характер розподілу відмов вагонів [49]:

РП – підприємство де вагон проходив плановий вид ремонту; 1 і 2 – залежність числа відмов від їх пробігу відповідно при відсутності та проведенні технічного обслуговування вагонів на ПТО; 3 – число усунутих відмов; 4 – число невиявлених або не усунених відмов

2.3 Дослідження пошкоджень вантажних вагонів

Виконано дослідження пошкоджень вантажних вагонів на Регіональній філії «Придніпровська залізниця» АТ «Укрзалізниця» в період з 2013 по

2015 рр. Проаналізовано понад 639 тисяч несправностей, розподіл пошкоджень вантажних вагонів наведено на рис.2.7 [97, 102, 103].

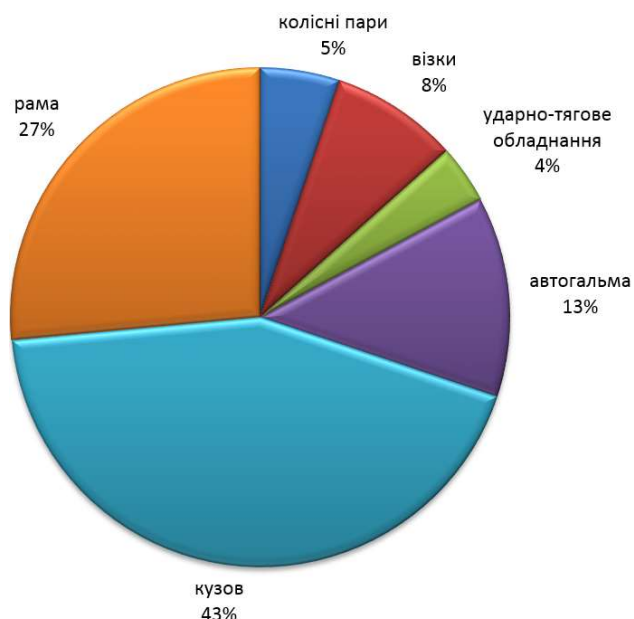


Рисунок 2.7 – Розподіл пошкоджень вантажних вагонів [97, 102, 103]

Кожній зафіксованій несправності вантажного вагона відповідає номер відповідно до класифікатора основних несправностей вантажних вагонів [69], яким передбачена причина її виникнення, а саме:

1 - **технологічна** – несправність, пов'язана з якістю виготовлення і виконання планових і непланових ремонтів вантажних вагонів у депо, на ВРЗ і ВБЗ, а також якістю підготовки вагона до перевезень на ПТО;

2 - **експлуатаційна** – несправність, яка викликана природним зносом деталей і вузлів вагона в процесі його експлуатації або сталася з причин, не пов'язаних з низькою якістю виготовлення або планового ремонту вагона;

3 - **пошкодження** – несправність, викликана порушенням встановлених правил і умов експлуатації вагона, при маневрових і вантажно-розвантажувальних операціях на коліях промислових підприємств та коліях загального користування.

Результати аналізу характеру виникнення несправностей вантажних вагонів наведено на рис. 2.8. Результати аналізу характеру виникнення несправностей окремих вузлів вантажних вагонів наведено на рис. 2.9.

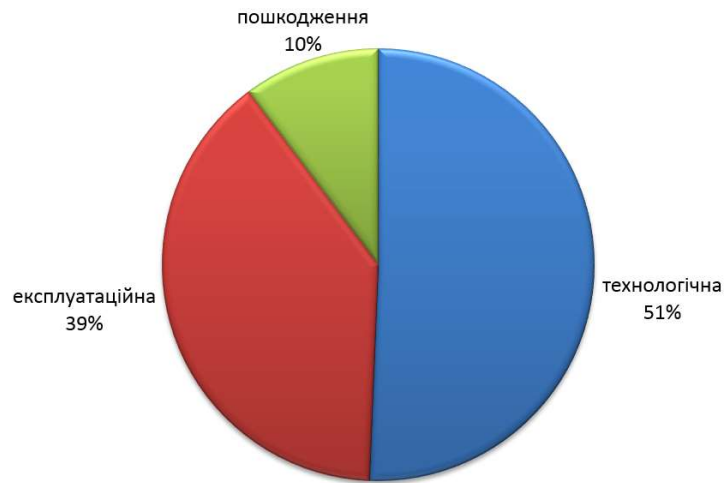


Рисунок 2.8 – Характер причин пошкодження вантажних вагонів [103].



Рисунок 2.9 – Характер причин пошкодження візків вантажних вагонів

Технологічний характер пошкоджень (рис.2.8) становить більше ніж половину від усіх пошкоджень вантажних вагонів. Це зумовлено насамперед зношеністю рухомого складу та інфраструктури, недостатнім фінансуванням ремонтних депо, низькою якістю запчастин та матеріалів, зниженням матеріальної зацікавленості працівників ремонтних підприємств та повільним впровадженням сучасного діагностуючого обладнання.

Висновки до розділу 2

У розділі наведено методологічні засади забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів із розглядом стратегій їх технічного обслуговування та ремонту для подальшого вибору й застосування системи ТОіР.

Установлено, що для вдосконалення існуючої чи переходу до нової системи ТОіР вантажних вагонів необхідно оцінити надійність вагона в міжремонтному періоді. При цьому ефективна експлуатація вагонів можлива тільки за умови мінімізації витрат на їх технічне обслуговування та ремонт із забезпеченням заданих показників надійності та безпеки руху.

На основі методологічних засад забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів установлено, що вибір системи ТОіР вантажних вагонів, яка враховує їх фактичний стан, повинен ґрунтуватися на характерних ознаках конструктивних особливостей окремої моделі вантажного вагона з підтриманням показників його надійності в установлених межах та бути економічно вигідною для всього вантажного парку. Для цього має бути виконаний комплексний аналіз надійності окремої марки вантажного вагона з урахуванням впливу системи ТОіР на ефективність його експлуатації.

При дослідженні пошкоджень вантажних вагонів встановлено, що технологічний характер пошкоджень становить більше ніж половину від усіх пошкоджень вантажних вагонів. Це зумовлено насамперед зношеністю рухомого складу та інфраструктури, недостатнім фінансуванням ремонтних депо, низькою якістю запчастин та матеріалів, зниженням матеріальної зацікавленості працівників ремонтних підприємств та повільним впровадженням сучасного діагностуючого обладнання.

РОЗДІЛ 3

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРИ РЕМОНТІ

Відповідальність за технічний стан вагона та своєчасне виявлення його відмов в умовах експлуатації покладається на оглядачів вагонів. Робота оглядача вагонів пов'язана зі значним фізичним та психологічним напруженням, а час на огляд, оцінку технічного стану та прийняття рішення щодо подальшої експлуатації вагона обмежений. Зважаючи на це, доцільно, де це можливо, перейти від вимірювального контролю до візуального-оптичного визначення стану вузла або деталі за індикаторами (маркерами, показниками тощо) зносу, тобто до індикаторних засобів діагностування (далі – ЗД) [8].

За метрологічними властивостями засоби діагностування рухомого складу поділяють [43]:

- на засоби вимірювань і вироби з вимірювальними функціями, які призначені до застосування у сфері державного регулювання забезпечення єдності вимірювань;
- вироби з вимірювальними функціями, не призначені для застосування у сфері державного регулювання забезпечення єдності вимірювань;
- засоби допускового контролю;
- індикаторні ЗД.

Індикаторні ЗД – це ЗД з ненормованими метрологічними характеристиками, призначені для фіксації наявності або спостереження за зміною параметрів залізничного рухомого складу без оцінки їх значень в одиницях виміру з нормованою точністю.

Для індикаторних ЗД рекомендується використання кількох рівнів допуску контрольованого параметра з метою виявлення ступеня відхилення параметра й формування відповідного сигналу. Рекомендується формування таких рівнів допуску параметрів:

- рівень, що вимагає підвищеної уваги при огляді рухомого складу або його складових частин у пунктах технічного обслуговування;
- рівень, що вимагає обов'язкового проведення аналізу технічного стану рухомого складу і його складових частин;
- рівень, що вимагає припинення експлуатації рухомого складу і його складових частин до проведення ремонту.

Визначаючи вузли та деталі вантажного вагона, які потребують особливої уваги, насамперед слід спиратися на аналіз транспортних подій за видами несправностей, який наведено на рис. 3.1 [4].

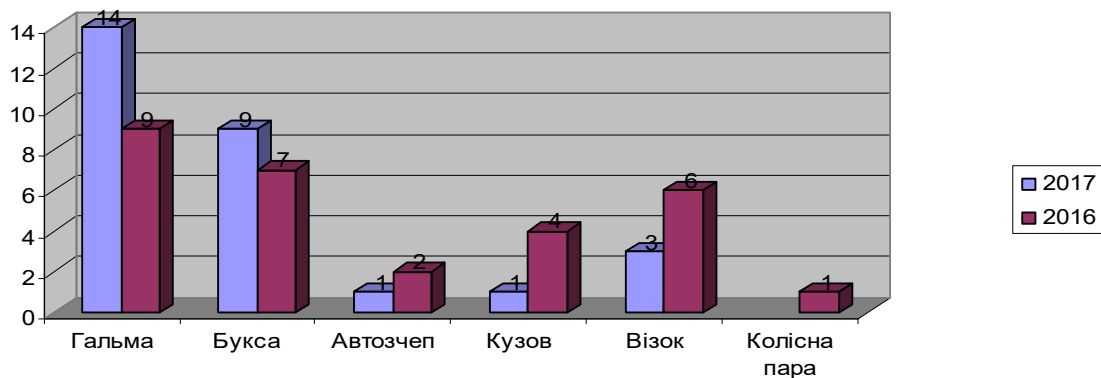


Рисунок 3.1 – Діаграма розподілу транспортних подій за несправностями вузлів (за 2016 та 2017 роки) [4]

Аналіз свідчить про те, що переважна більшість транспортних подій виникає через несправності гальмівного обладнання, буксового вузла та візків. Тобто впровадження індикаторних засобів контролю передусім потребують: буксовий вузол, гальмівне обладнання та ходові частини.

Перехід до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом потребує впровадження сучасних засобів контролю та діагностування стану вагонів у експлуатації. До таких засобів належать стаціонарні пристрої контролю, датчики та індикатори, які розташовані безпосередньо на вагонах, та різні за технічним виконанням індикатори зносу. Індикатори зносу при візуальному огляді дають оглядачу вагонів інформацію про стан деталі чи вузла без проведення інструментальних вимірювань. При впровадженні засобів контролю найменше витрат на розробку технічної

документації, виготовлення, оснащення рухомого складу, внесення змін в інструкції з експлуатації та ремонту потребують саме індикатори зносу [8].

3.1 Сфера застосування та сутність візуально-оптичного контролю

Візуально-оптичний вид неруйнівного контролю базується на взаємодії світлового випромінювання з контрольованим об'єктом [73].

Око людини історично було основним контрольним приладом при виявленні бракованих виробів. Оком контролюють вихідні матеріали, готову продукцію, виявляють відхилення форми й розмірів, дефекти поверхні та інші дефекти виробництва й експлуатації. Візуальний контроль є найбільш поширеним методом визначення технічного стану різноманітних об'єктів, шляхом обстеження доступних для огляду поверхонь. При цьому виявляють вм'ятини, забоїни, риски, сліди корозії, великі тріщини, відхилення геометричних форм, знос та інші дефекти конструкцій експлуатаційного походження [63, 73].

Візуально-оптичний метод неруйнівного контролю має істотні недоліки, що знижують ефективність контролю, а в деяких випадках виключають можливість його застосування. Надійність результатів оптичного контролю значною мірою залежить від стану й рівня освітленості контрольованої поверхні, кваліфікації оператора, часу огляду, наявності підходів до об'єкта контролю та інші.

В основу візуально-оптичного методу покладено здатність зору виявляти об'єкти, що відрізняються від еталону за формою, станом поверхні, кольором та іншими ознаками. Технічні можливості зору як засобу контролю характеризуються роздільною здатністю, геометричною і контрастною чутливістю, швидкістю реакції, точністю оцінки відстаней та іншими параметрами.

Під роздільною здатністю зору розуміють здатність ока бачити об'єкти окремо один від одного при малих відстанях між ними. Роздільну здатність зазвичай характеризують числом окремо видимих ліній (штрихів) на одиницю

довжини фону. Для неозброєного ока при достатньому освітленні й контрасті ліній з фоном роздільна здатність ока на відстані найкращого зору (25 см) зазвичай не перевищує 10 штр/мм.

Під геометричній чутливістю (гостротою зору) розуміють здатність ока розрізняти дрібні об'єкти на світлому або темному фоні. При достатньому освітленні досвідчений контролер здатний неозброєним оком виявити чорний об'єкт на білому тлі, який має розміри більше двох кутових хвилин (приблизно 0,1 мм).

Роздільна здатність і гострота зору пов'язані одна з одною й залежать від видимої контрастності об'єкта, під якою розуміють оптичні властивості об'єкта, які виділяють його на навколишньому фоні. Розрізняють яскравісну й колірну контрастність об'єкта.

Яскравісна контрастність – це відмінність об'єкта від фону, зумовлена розходженням відбивної здатності їх поверхонь. Яскравісну контрастність прийнято оцінювати за допомогою коефіцієнта яскравості об'єкта:

$$K_{\text{я}} = (B_{\text{ф}} - B_{\text{о}}) / B_{\text{ф}}, \quad (3.1)$$

де $B_{\text{ф}}$, $B_{\text{о}}$ – яскравості фону й об'єкта відповідно.

При $K_{\text{я}} > 0,5$ контраст об'єкта вважають великим, при $K_{\text{я}} > 0,2$ – середнім, а при $K_{\text{я}} < 0,2$ – малим. При $K_{\text{я}} < 0,02$ об'єкт практично не помітний на навколишньому фоні.

Колірна контрастність об'єкта – це відмінність колірної насиченості (колірної яскравості) поверхні об'єкта від аналогічного показника фону. Колірний контраст об'єкта оцінюють за допомогою коефіцієнта колірної яскравості:

$$K_{\text{ц}} = (M_{\text{о}} - M_{\text{ф}}) / M_{\text{ф}}, \quad (3.2)$$

де $M_{\text{ф}}$, $M_{\text{о}}$ – колірна насиченість фону й об'єкта відповідно.

Мінімальна колірна контрастність, при якій об'єкт стає помітним на навколишньому фоні, на порядок вища мінімальної яскравості контрасту, що необхідно враховувати, вибираючи спосіб індикації дефектів, наприклад вибираючи колір індикатора.

Великий вплив на результати візуального контролю має час фіксації погляду на об'єкті. При нормальній швидкості реакції людина здатна помітити контрастний об'єкт за час приблизно 0,1 с. У загальному випадку ймовірність виявлення дефекту, що має оптичні параметри більші за порогові значення, визначається часом пошуку, розмірами й контрастністю об'єкта, яскравістю, кольором і розмірами поверхні, яка оглядається, та іншими факторами. З огляду на це, при розробці індикаторів візуального (оптичного) контролю стану об'єкта необхідно оцінювати оптичні характеристики дефектів конструкції та умови освітлення об'єкта.

Важливою характеристикою зору є здатність оцінювати відстань і розміри об'єктів. Точність таких оцінок багато в чому залежить від можливості забезпечення бінокулярного зору, тобто від можливості огляду об'єкта двома очима одночасно. Так, при оцінці глибини дефекту одним оком помилка досягає 10 %, а при огляді двома очима вона не перевищує 1%.

На результати візуального контролю дуже впливає загальний рівень освітленості контрольованої поверхні (яскравість фону). При малій освітленості (менше 10 лк) виявляються тільки відносно великі об'єкти (понад 1 мм.). При освітленості більше 100 лк виявляються об'єкти з розмірами 0,1 мм і менше.

3.2 Індикаторний контроль елементів візка вантажного вагона

Технічні рішення виконання індикаторного контролю в елементах візка вантажного вагона та порівняння з типовими методами контролю наведені в додатку Б. Застосування індикаторного контролю у деталях вантажних візків дозволяє контролювати: знос робочої поверхні клина, завищення клина, знос ковпака ковзуна, зносу адаптера, мінімально допустиму товщину обода колеса.

Контроль температури буксових вузлів. Безперервна експлуатація вантажних вагонів багато в чому залежить від надійної роботи буксових підшипникових вузлів. Переважна більшість цих випадків пов'язана з відмовами циліндричних роликів підшипників [82].

Детектори й системи виявлення перегрітих букс довели свою важливість та економічну ефективність протягом багаторічної експлуатації на всіх залізницях світу. В 1956 році фірмою Servo Corporation of America було розроблено перші детектори нагріву букс з використанням приймачів інфрачервоного випромінювання (ІЧ-випромінювання). В Україні розробкою та виготовленням приладів контролю букс займається ВАТ «Прожектор». Нові зразки такої техніки – обладнання АСДК-Б – це стаціонарний комплекс телеметричної апаратури, що виявляє перегріті буксові вузли рухомого складу та забезпечує передачу інформації та її реєстрацію на станції, зокрема й про кількість і розташування цих вузлів у поїзді. На відміну від інших приладів, що на сьогодні використовуються на залізницях країн СНГ, контроль температури виконується за абсолютною величиною [82, 148]. В експлуатації та ремонті вагонів впроваджуються сучасні засоби контролю буксових вузлів – установки безрозбірної віброакустичної діагностики, які за аналізом вібрації корпусів букс колісної пари дозволяють виявляти такі дефекти: тріщини кілець, раковини на доріжках кочення кілець та роликів, пошкодження роликів типу «ялинка», відколи бортів кілець, злами перемичок сепараторів та інші несправності [115].

Головну роль при виявленні відмов буксових вузлів відіграє оглядач вагонів. За період з 1995 р. питома вага транспортних подій (відчеплення вагона через технічні несправності на шляху прямування), викликаних відмовами буксових підшипникових вузлів, збільшилась з 40 до 50 %. Більшість відмов буксового вузла супроводжується значним підвищенням його температури [82].

Інструкція з технічного обслуговування вагонів в експлуатації [62] передбачає контроль технічного стану вагонів, який починається на ходу (до зупинки) поїзда, що прибуває. Для цього оглядачі виходять до колії прибуття і

розташовуються в встановлених місцях. Під час огляду вагонів поїзда, що рухається, оглядачі за зовнішніми ознаками виявляють можливі несправності, у тому числі й буксових вузлів. При виявленні на ходу поїзда несправностей чи їх ознак оглядач повинен помітити ці вагони, після зупинки та огороження поїзда (состава) у встановленому порядку їх перевірити.

Для спрощення технології виявлення буксових вузлів з підвищеною температурою під час експлуатації автором запропонований температурний індикатор, який реагує на температуру буксового вузла та візуально сповіщає відповідальну особу про зміну його температури, водночас підвищуючи безпеку проведення контролю [28]. На рис. 3.2 зображено один з можливих прикладів виконання температурного індикатора. Температурний індикатор 1 у вигляді термофарби (термоіндикаторна фарба) наноситься на оглядову кришку 2 корпусу букси 3 або торцевої шайби касетного підшипника. У разі виникнення несправності буксового вузла, яка супроводжується підвищенням температури, температурний індикатор 1 змінює свій колір. Реалізовано це може бути як введення термохромних добавок в лакофарбові покриття, так і використанням індивідуальних наклейок стікерів. Відповідальна особа візуально отримує інформацію про несправність буксового вузла та приймає відповідне рішення згідно з чинними інструкціями (опис до патенту представлений в Додатку І). Діапазон робочих температур термофарб від 45°C до 800°C дозволяє досить точно діагностувати зміну температури. Точність вимірювання температури термофарбою складає $\pm 5 - 10^{\circ}\text{C}$ у більш дорожчих зразків вона може бути вищою.

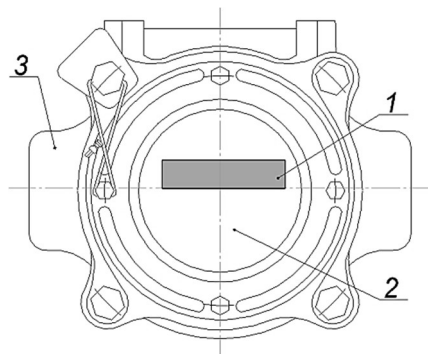


Рисунок 3.2 – Буксовий вузол з температурним індикатором

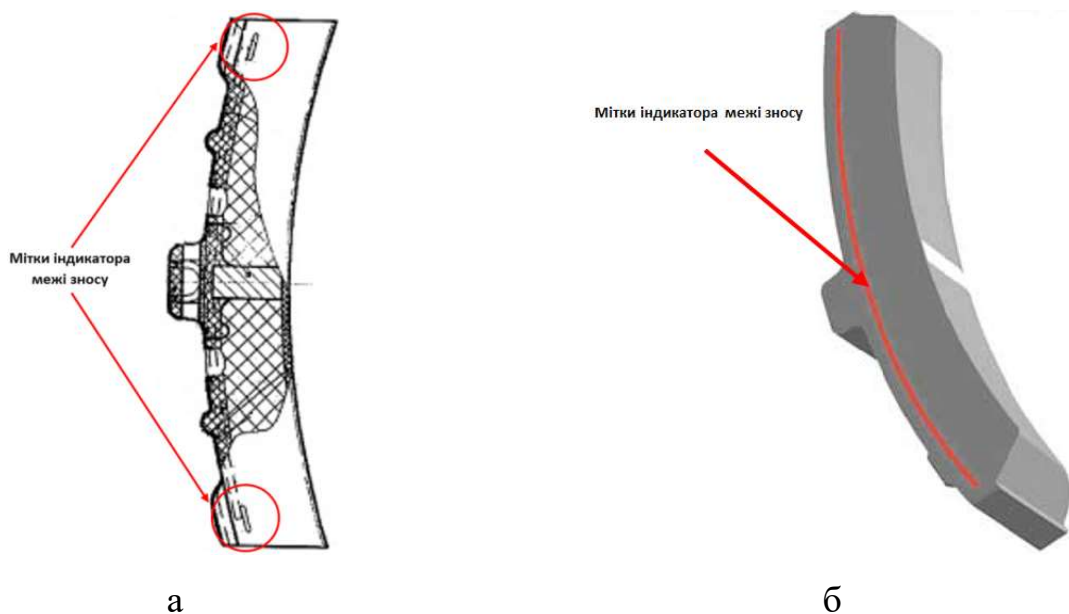
Бракувальна температура верхньої частини корпусу букси становить 60°C, для касетного підшипника – 70°C та перераховується відповідно до температури навколишнього середовища. На приладах контролю температури букових вузлів таких як КТСМ алгоритм по абсолютній температурі полягає в тому, що при підвищенні температури букси більше 100°C (незалежно від температури повітря) вмикається сигналізація «Тревога-2». Термофарба типу Kw-03typ-350K має температуру зміни кольору 107 °C (початковий колір – фіолетовий, після переходу – білий), термофарба типу 50 за ТУ 133-67 має температуру зміни кольору 110°C (початковий колір – світло рожевий, після переходу – світло фіолетовий). Колір фарб залежить від її типу та виробника.

Запропоноване технічне рішення підвищує безпеку руху, зменшує трудомісткість і час, що витрачаються на контроль виявлення букс з підвищеною температурою, та може застосовуватися як під час руху, так і в момент прибуття на технічне обслуговування.

Гальмівне обладнання вагонів. Особлива увага оглядачів вагонів завжди спрямована на гальмівне обладнання, оскільки саме від нього насамперед залежить безпека руху [1, 9]. Механічна частина гальм вагонів та локомотивів для її нормальної роботи потребує контролю значної кількості розмірів, таких як вихід штока поршня гальмівного циліндра, товщина гальмівної колодки, розміри автоматичного регулятора виходу штока поршня та інші.

Контроль зносу гальмової колодки. Один з відповідальних елементів гальм вагона, що працює в жорстких умовах фрикційного контакту, – це гальмівна колодка. При гальмуванні вона взаємодіє з колесом, тобто відбувається контакт фрикційної пари «колодка-колесо», що супроводжується виділенням теплової енергії та зносом пар тертя [60, 99, 104, 105]. Заміна гальмівної колодки відбувається при досягненні нею граничної товщини, яка встановлюється Інструкцією з експлуатації гальм [61] залежно від типу та матеріалу колодки. Вимір товщини колодки в експлуатації при їх значній кількості потребує вагомих витрат часу та використання вимірювального обладнання. Згідно ж вимог Типового технологічного процесу [146] для цього

оглядачу потрібні лінійка та рулетка. Міждержавний стандарт «Колодки тормозные композиционные и металлокерамические для железнодорожного подвижного состава» [46] рекомендує розміщувати на гальмівній колодці індикатор зносу для спрощення технології визначення її товщини. Прикладом виконання таких індикаторів слугують гальмівні колодки фірми «Фритекс контакт» (рис. 3.3). На гальмівній колодці (рис. 3.3, а) індикатори зносу виконуються у вигляді пазів або отворів [149], що вкрай незручно, оскільки під час експлуатації колодки ці пази (отвори) забиваються брудом і стають погано помітні, тож необхідне їх очищення, що ускладнює роботу оглядача вагонів. На гальмівній колодці (рис. 3.3, б) індикатор зносу має вигляд суцільної лінії, яка розміщена по дузі вздовж тіла колодки [37]. Суттєвим недоліком розглянутих варіантів виконання індикаторів зносу на гальмівних колодках є те, що вони вказують на граничну товщину колодки лише при її рівномірному зносі, не враховуючи клиноподібний знос, який найчастіше трапляється в умовах експлуатації.

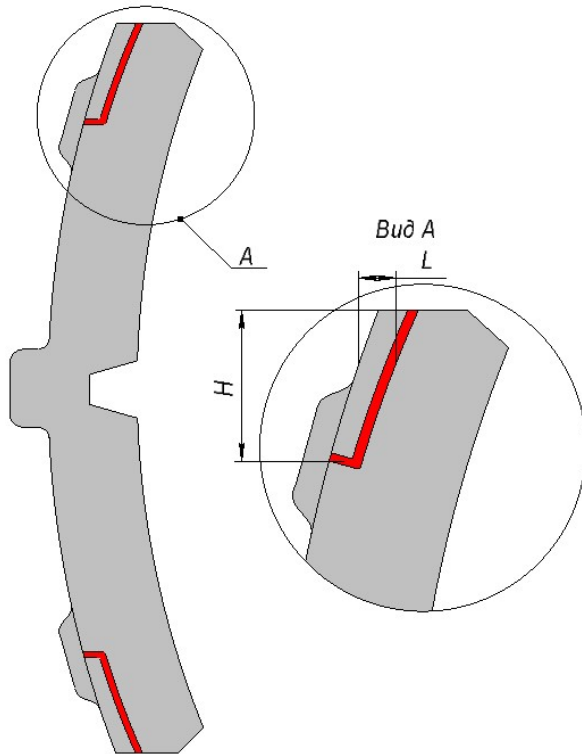


а – пази або отвори; б – дугова лінія

Рисунок 3.3 – Індикатори зносу гальмівної колодки [37, 149]

Запропонована автором гальмівна колодка залізничного рухомого складу виготовляється із спеціальними маркерами на її кінцях, які дають можливість

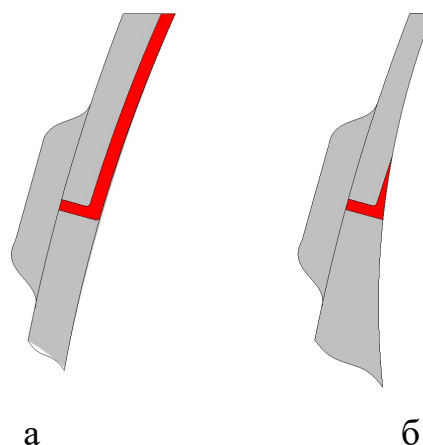
візуально оцінити ступінь зносу колодки (рис. 3.4) як при рівномірному, так і при клиноподібному зносах [38]. Виготовлення маркерів можливо за будь-якою технологією, узгодженою виробником і замовником (опис до патенту представлений в Додатку І).



L – мінімальна товщина гальмівної колодки в експлуатації (10 мм – композиційні колодки з сітчастодротяним каркасом, 12 мм – чавунні колодки, 14 мм – композиційні колодки з металевою спинкою), H = 50 мм – відстань від краю колодки до точки заміру її товщини при клиноподібному зносі

Рисунок 3.4 – Індикатори зносу гальмівної колодки

Робота індикаторів зносу при рівномірному та клиноподібному зносах пояснюється на рис. 3.5.



а – рівномірний знос колодки; б – клиноподібний знос колодки

Рисунок 3.5 – Робота індикаторів зносу гальмівної колодки

Запропоноване технічне рішення зменшує трудомісткість та час, що витрачається на контроль товщини гальмівної колодки в експлуатації, підвищує безпеку експлуатації гальмівної колодки, запобігає її можливій приварці до тіла башмака при наднормативному зносі [6. 8, 9, 105].

Контроль виходу штока поршня гальмівного циліндра. Існуюча технологія виміру виходу штока поршня гальмівного циліндру в експлуатації потребує використання вимірювального інструменту (лінійка, рулетка), при цьому оглядач вагонів має підлазити під вагон для проведення вимірів. Наявні технічні рішення дозволяють спростити існуючу технологію контролю виходу штока поршня в експлуатації. Технічні рішення виконання індикаторного контролю для визначення величини виходу штока наведені в додатку Б.

На рис.3.6 показане запропоноване автором технічне рішення, щодо розміщення контрольних міток (індикаторів, покажчиків тощо) на штоці поршня. «Сантиметрові позначки» 5 рис. 3.6, виконані по діаметру штока 1 гальмівного циліндра 4.

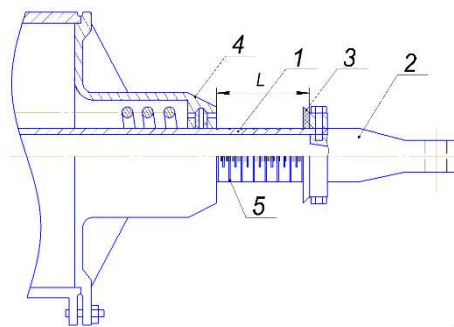


Рисунок 3.6 – Шток гальмівного циліндра з індикаторами виходу штока поршня

Запропоноване технічне рішення зменшує трудомісткість та час, що витрачається на контроль виходу штока поршня в експлуатації. Розміщення індикаторів виходу штока безпосередньо на поршні захищає їх від забруднень, механічних пошкоджень, іржавіння та збільшує точність вимірювання (опис до патенту представлений в додатку И).

Наведемо залежності точності встановлення діагнозу оглядачем при використанні індикаторного контролю елементів вантажного вагона та при існуючій стратегії ТОіР для дня і ночі (рис. 3.7). Дані отримані впродовж 10-ти добового дослідження дій людини.

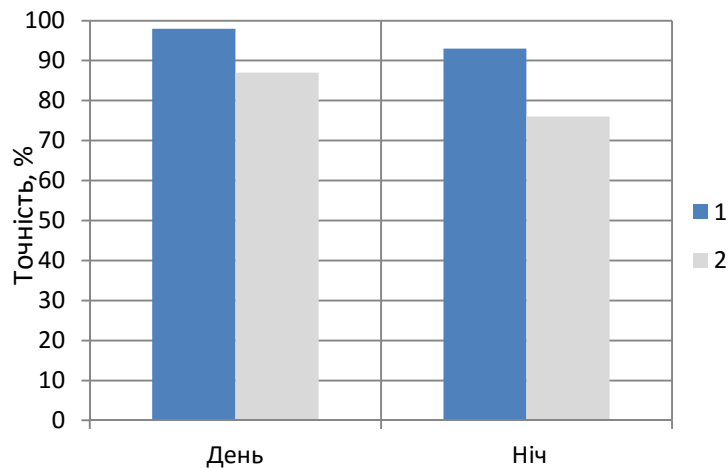


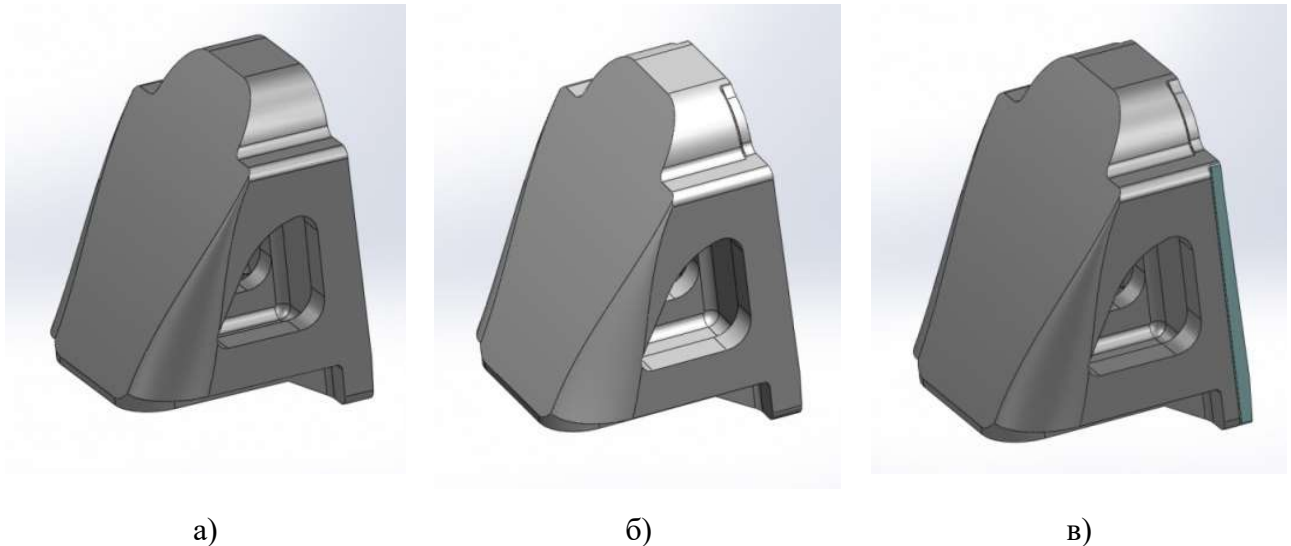
Рисунок 3.7 – Точність встановлення діагнозу оглядачем при використанні індикаторного контролю елементів вантажного вагона (1) та при існуючій стратегії ТОіР (2)

Можемо бачити, що навіть уночі (при поганому освітленні), при використанні індикаторного контролю елементів вантажного вагона, його точність вище за існуючу стратегію ТОіР на 6 %, що є дуже значимим при відправленні вантажного вагона після огляду. Взагалі, індикаторний контроль елементів вантажного вагона забезпечує точність встановлення діагнозу на рівні 93...98 % для різного значення освітлення.

3.3 Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів

Виконаємо теоретичні дослідження впливу індикаторів контролю граничного стану на міцність фрикційного клина. Як базовий варіант конструктивного виконання клина прийнято фрикційний клин візка моделі ЗК-1 та його аналогів – візок моделі 18-9996. Твердотільне моделювання виконане в системі автоматизованого проектування *SolidWorks*. Змодельована базова

геометрична 3D-модель фрикційного клина була взята за основу для розміщення на ній двох варіантів виконання індикаторів граничного зносу вертикальної поверхні, рисунок 3.8 [171].



а) базовий варіант клина без індикаторів; б) варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в) варіант виконання індикатора у вздовж усієї вертикальної поверхні клина

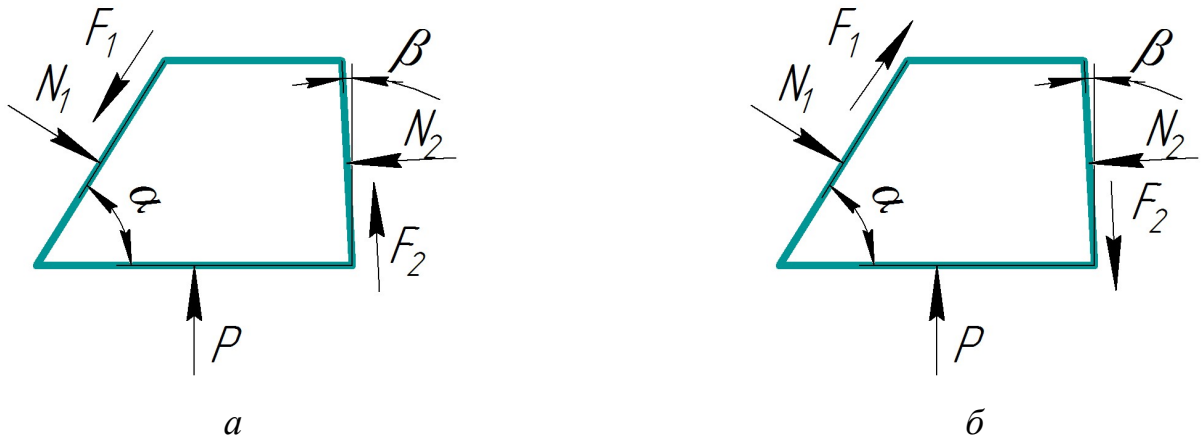
Рисунок 3.8 – 3D-моделі фрикційних клинів

Фрикційний клин являє собою литу деталь з габаритними розмірами 180x136x163 мм, кутами нахилу похилої та вертикальної поверхонь фрикційного клина відповідно 58° та 2° та шириною індикаторної канавки 6,4 мм. Матеріал фрикційного клина – сталь марки 20Л, допустимі напруження для якої становлять $[\sigma]_I = 184$ МПа для I розрахункового режиму та $[\sigma]_{III} = 120$ МПа для III розрахункового режиму. Розрахункові схеми фрикційного клина представлені на рисунку 3.9. Відповідно до неї на фрикційний клин діють сили:

- P – з боку підклинової дворядної пружини;
- N_1 – взаємодії клина та надресорної балки;
- N_2 – взаємодії клина та фрикційної планки;
- F_1, F_2 – тертя між поверхнями які труть

$$F_1 = \mu N_1, F_2 = \mu N_2; \quad (3.3)$$

де μ – коефіцієнт тертя.



а – при русі вниз; б – при русі вгору

Рисунок 3.9 – Розрахункова схема сил, що діють на фрикційний клин гасника коливань вантажного візка

Умова рівноваги фрикційного клина при дії на нього сил буде мати вигляд:

– при русі вниз

$$\begin{cases} N_1 \sin \alpha - F_1 \cos \alpha - N_2 \cos \beta - F_2 \sin \beta = 0; \\ P - N_1 \cos \alpha - F_1 \sin \alpha - N_2 \sin \beta + F_2 \cos \beta = 0. \end{cases} \quad (3.4)$$

– при русі вгору

$$\begin{cases} N_1 \sin \alpha + F_1 \cos \alpha - N_2 \cos \beta + F_2 \sin \beta = 0; \\ P - N_1 \cos \alpha + F_1 \sin \alpha - N_2 \sin \beta - F_2 \cos \beta = 0. \end{cases} \quad (3.5)$$

де α, β – кути нахилу відповідно похилої та вертикальної поверхонь фрикційного клина.

Виконаємо розрахунок для двох варіантів навантаження, які відповідають I та III розрахунковим режимам. Зусилля в підклинових пружинах отримані при розрахунку у відповідності з методикою наведеною в ДСТУ 7598. Розрахунок проводився для вантажного вагона масою брутто 100 т та масою візка 4,9 т, комплект ресорного підвішування якого складається з дев'яти дворядних пружин. Отримані зусилля становлять: $P = 47,2$ кН, та $P=30,5$ кН для

першого та третього розрахункового режиму відповідно. Розрахунок напружено-деформованого стану зроблено в програмному комплексі *FEMAP* та представлений в додатку В.

Максимальні напруження в конструкції фрикційного клина виникають при дії навантажень за I розрахунковим режимом та становлять 105 МПа, а за III – 94 МПа при дії зусиль за схемою рис.3.9 а. Отримані значення напружень не перевищують допустимих. Розміщення індикатора на фрикційному клині практично не впливає на розподіл та значення напружень. Максимальні напруження в клині при розміщенні індикатора збільшилися лише на 2 МПа.

Відновлення геометричних розмірів фрикційних клинів проводиться наплавленням з подальшою механічною обробкою, що вимагає виконання ряду вимог: до високої кваліфікації зварювальників, до якості наплавочних матеріалів, до механічних властивостей наплавлених поверхонь, до якості механічної обробки та інші. Крім того, обмежується вибір у поєднанні основного металу та металу який наплавляється. Існуюча проблема дефіциту фрикційних клинів при проведенні планових ремонтів вагонів на сьогоднішній день вирішується в основному за рахунок порушення технології їх ремонту.

Запропонована на рисунку 3.10 конструкція клина складається: з тіла фрикційного клина 1 з габаритними розмірами 180x126x163 мм, який на своїй вертикальній поверхні має чотири отвори 2 для встановлення змінної накладки 3. Завдяки бобишкам 4 змінної накладки 3 вона легко встановлюється та знімається з клина, тому за потреби з легкістю може бути замінена в умовах експлуатації [170, 171].

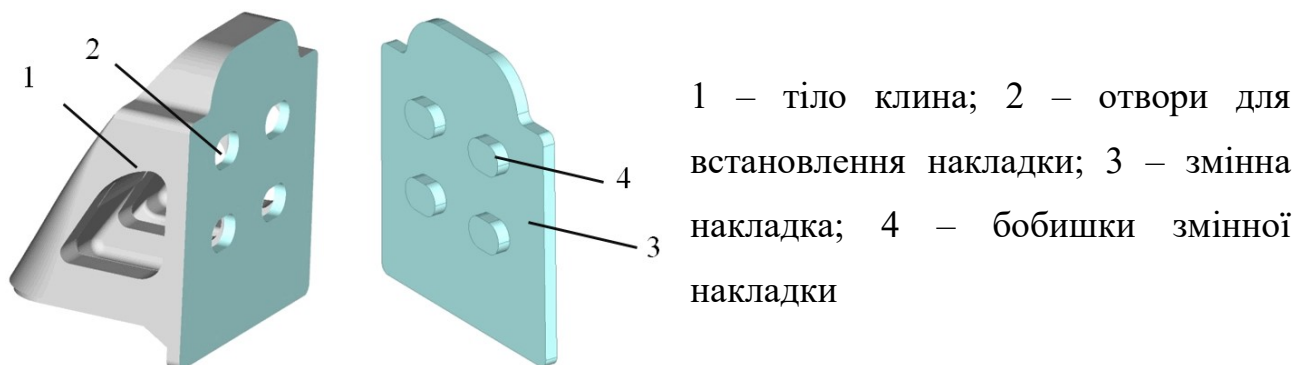


Рисунок 3.10 – Запропонована конструкція клина зі змінною накладкою

Оцінка міцності запропонованої конструкції фрикційного клина та змінної накладки виконана відповідно до методики, описаної вище в цій статті. Розрахунок виконано для двох варіантів змінної накладки: перший – повномірна накладка товщиною 10 мм, другий – знос накладки до товщини 2 мм. Розміри бобишок $30 \times 20 \times 8$ мм. Матеріал фрикційного клина – сталь марки 20Л.

Розрахунок напружено-деформованого стану зроблено в програмному комплексі *FEMAP* та представлений в додатку В.

Максимальні напруження в конструкції фрикційного клина виникають при дії навантажень за I розрахунковим режимом та становлять 105 МПа, а за III – 94 МПа при дії зусиль за схемою рис.3.9 а. Отримані значення напружень не перевищують допустимих. Максимальні напруження в повномірній змінній накладці, що виникають при дії навантажень за I розрахунковим режимом становлять 59 МПа, за III – 38 МПа, а в зношеній змінній накладці відповідно 110 МПа та 71 МПа.

Висновки до розділу 3

У розділі обґрунтовано критерії оцінки технічного стану вантажних вагонів у експлуатації та при ремонті.

Впровадження системи ремонту та технічного обслуговування вантажних вагонів за станом потребує застосування більш простих, але не менш точних підходів до оцінки технічного стану вузлів і деталей вагона.

Сучасним напрямком оцінки технічного стану є індикатори зносу, які застосовуються в таких відповідальних деталях, як фрикційний клин, адаптер, ковзун, колесо, гальмівна колодка та ін.

Застосування індикаторів мінімізує помилки оглядачів при визначенні зносу вузлів та деталей вагона, скорочує час технічного обслуговування вагонів на ПТО, дозволяє обійтись оглядачам вагонів без застосування вимірювальних інструментів та шаблонів.

Застосування запропонованих індикаторів стану та зносу дозволить замінити там, де це можливо, інструментальний контроль допустимих граничних зносів на візуально-оптичний, що суттєво спростить роботу експлуатаційників. Для цього було розроблено три технічних рішення, які захищені авторськими правами.

Одним з перспективних методів контролю недоступних для безпосереднього вимірювання огляду деталей вузлів, який може бути застосований в умовах експлуатації, є інтроскопічний метод.

Визначений вплив індикаторів контролю граничного стану на міцність фрикційного клина. Змодельована базова геометрична 3D-модель фрикційного клина була взята за основу для розміщення на ній двох варіантів виконання індикаторів контролю граничного зносу: виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; та виконання індикатора у вздовж всієї вертикальної поверхні клина. Отримані значення напружень не перевищують

допустимих. Розміщення індикатора на фрикційному клині практично не впливає на розподіл та значення напружень.

Запропоновано конструкцію фрикційного клина, що складається: з тіла клина який на своїй вертикальній поверхні має чотири отвори для встановлення змінної накладки. Завдяки бобишкам змінної накладки вона легко встановлюється та знімається з тіла клина. Оцінку міцності проведено для двох варіантів змінної накладки: перший – повномірна накладка товщиною 10 мм, другий – зносу накладки на 8 мм. Максимальні напруження в конструкції запропонованого фрикційного клина що виникають при дії навантажень за I та III розрахунковим режимом не перевищують допустимих. Максимальні напруження в тілі фрикційного клина за I розрахунковим режимом становлять 104 МПа, а за III – 67 МПа. Максимальні напруження в повномірній змінній накладці, що виникають при дії навантажень за I розрахунковим режимом становлять 59 МПа, за III – 38 МПа, а в зношеній змінній накладці відповідно 110 МПа та 71 МПа.

РОЗДІЛ 4

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ

4.1 Математична модель зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації

Вантажний вагон протягом терміну свого існування може перебувати в різних стадіях життєвого циклу та знаходитися у різних станах:

- у початковій стадії (дослідний зразок, який проходить приймальні випробування та має дослідний пробіг);
- на стадії підконтрольної експлуатації;
- на стадії його нормальної експлуатації (вагон знаходиться у справному робочому стані);
- на технічному обслуговуванні (ТО, ТОВ-1, ТОВ-2);
- на деповському ремонті (ДР);
- на капітальному ремонті (КР, КРП);
- на стадії зберігання;
- на стадії простоювання (вагон знаходиться у справному неробочому стані).

Перехід з однієї стадії життєвого циклу в іншу відбувається стрибкоподібно, тобто таким переходам властивий випадковий процес [25]. Ймовірність перебування вантажного вагона на відповідній стадії життєвого циклу буде визначатися його попереднім технічним станом, а загальна величина сукупності всіх можливих станів складається з ланцюга Маркова для випадкових процесів з випадковими станами і безперервним потоком часу. У цьому разі присутня деяка послідовність залежних технічних станів [29, 67, 77, 184]. Сам перехід з одних технічних станів S_n в інші S_k відбувається під дією відповідних потоків подій. Такими подіями є відмови чи/та відновлення.

Позначимо величину інтенсивності потоків відмов як λ , а величину інтенсивності потоків відновлень технічного стану вантажного вагона через μ .

Характеристику відповідного технічного стану на певній стадії життєвого циклу вантажного вагона наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики технічного стану вантажного вагона протягом життєвого циклу

Стадія відповідного життєвого циклу	Позначення S	Величина інтенсивності відмов λ	Величина інтенсивності відновлення технічного стану μ
Вихідний (початковий) стан	S_o	-	-
Перебування на підконтрольній експлуатації	$S_{обк}$	-	$\mu_{обк}$
Перебування у робочому стані	S_p	-	-
Перебування в ТО	$S_{ТО}$	$\lambda_{ТО}$	$\mu_{ТО}$
Перебування в ТОВ-1	$S_{ТОВ-1}$	$\lambda_{ТОВ-1}$	$\mu_{ТОВ-1}$
Перебування в ТОВ-2	$S_{ТОВ-2}$	$\lambda_{ТОВ-2}$	$\mu_{ТОВ-2}$
Перебування в ДР	$S_{ДР}$	$\lambda_{ДР}$	$\mu_{ДР}$
Перебування в КР	$S_{КР}$	$\lambda_{КР}$	$\mu_{КР}$
Перебування в КРП	$S_{КРП}$	$\lambda_{КРП}$	$\mu_{КРП}$
Перебування на зберіганні	$S_{зб}$	$\lambda_{зб}$	$\mu_{зб}$
Простоювання	S_n	λ_n	μ_n

Для наведених технічних станів життєвого циклу вантажного вагона можна запропонувати розмічену схему з відповідними переходами (рис. 4.1). Позначення технічного стану вантажних вагонів наведено в колах, а самі переходи з одного стану в інший показані стрілками із зазначенням інтенсивності потоків відмов або відновлення. Для кожного технічного стану:

P_o – величина ймовірності перебування вантажного вагона у початковому стані (дослідний зразок, який проходить приймальні випробування та має дослідний пробіг);

- P_p – величина ймовірності перебування вантажного вагона у робочому стані;
- P_{TO} – величина ймовірності проведення ТО вантажного вагона;
- $P_{TO\phi-1}$ – величина ймовірності проведення ТОВ-1 вантажного вагона;
- $P_{TO\phi-2}$ – величина ймовірності проведення ТОВ-2 вантажного вагона;
- $P_{обк}$ – величина ймовірності перебування на підконтрольній експлуатації;
- $P_{ДР}$ – величина ймовірності проведення ДР вантажного вагона;
- $P_{КР}$ – величина ймовірності проведення КР вантажного вагона;
- $P_{КРП}$ – величина ймовірності проведення КРП вантажного вагона;
- $P_{зб}$ – величина ймовірності працездатного стану вантажного вагона при збереженні;
- P_n – величина ймовірності працездатного стану вантажного вагона при простой.

Потік ймовірності технічного стану вантажного вагона буде дорівнювати добутку: $P_i\lambda_i$, $P_i\mu_i$.

У випадку неусталеного процесу зміни технічного стану вантажного вагона ймовірнісна характеристика відповідної стадії життєвого циклу буде залежати від величини часу, а інтенсивність вхідного і вихідного потоків будуть корелювати між собою, ураховуючи ймовірність перебування вантажного вагона на відповідній стадії його життєвого циклу [184].

$$\frac{dP_{ДР}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{ДР} - P_{ДР}(t)\lambda_{ДР}; \quad (4.6)$$

$$\frac{dP_{КР}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{КР} + P_{обк}(t)\mu_{обк} - P_{обк}(t)\lambda_{обк}. \quad (4.7)$$

$$\frac{dP_{КРП}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{КРП} + P_{обк}(t)\mu_{обк} - P_{обк}(t)\lambda_{обк}. \quad (4.8)$$

$$\frac{dP_{зб}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{зб} - P_{зб}(t)\lambda_{зб}; \quad (4.9)$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = P_p(t)\mu_n - P_n(t)\lambda_n. \quad (4.10)$$

Для ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані запишемо таке диференціальне рівняння:

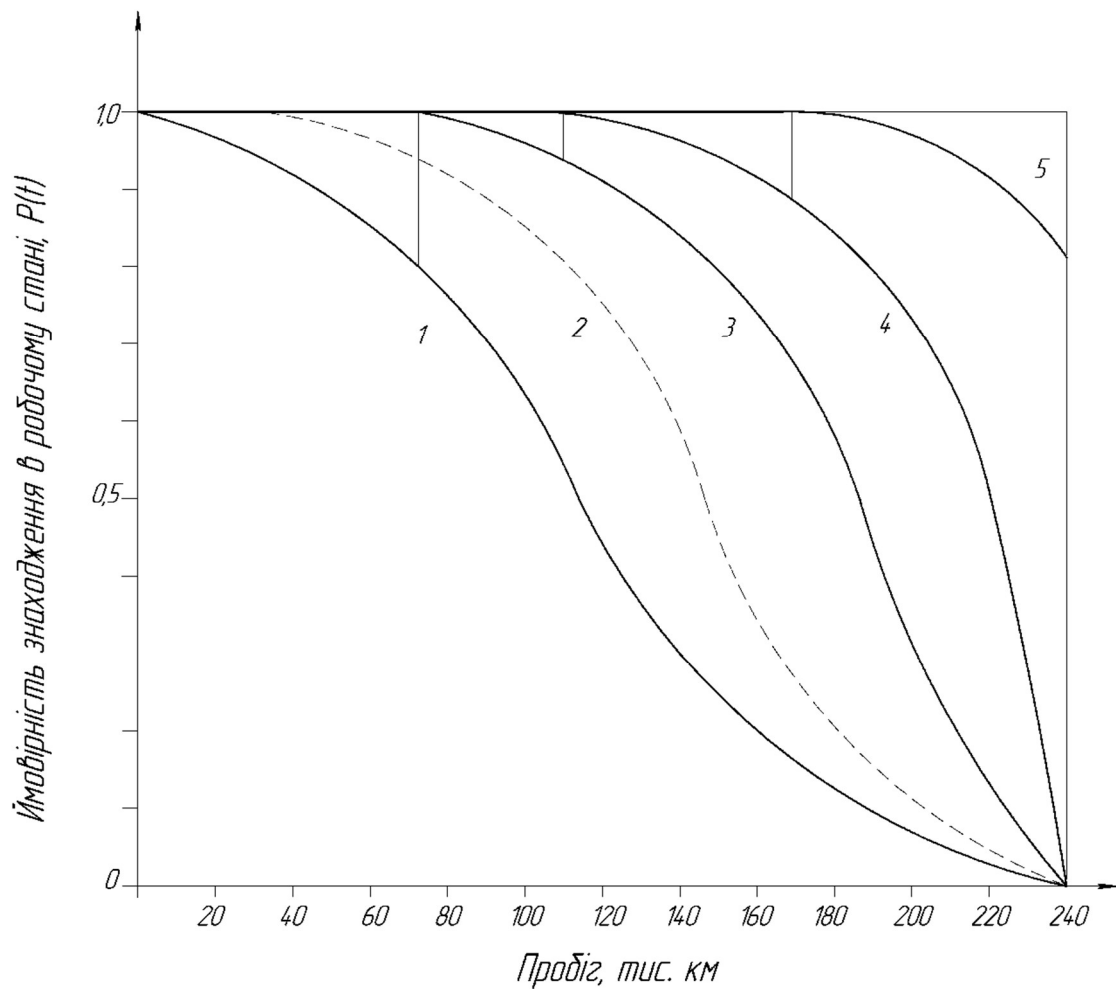
$$\begin{aligned} \frac{dP_p(t)}{dt} = & P_p(t)\mu_o + P_{обк}(t)\mu_{обк} + P_{КР}(t)(\mu_{КР} - \lambda_{КР}) + P_{КРП}(t)(\mu_{КРП} - \lambda_{КРП}) + \\ & + P_{ДР}(t)(\mu_{ДР} - \lambda_{ДР}) + P_{ТО}(t)(\mu_{ТО} - \lambda_{ТО}) + \\ & + P_{ТО\vartheta-1}(t)(\mu_{ТО\vartheta-1} - \lambda_{ТО\vartheta-1}) + P_{ТО\vartheta-2}(t)(\mu_{ТО\vartheta-2} - \lambda_{ТО\vartheta-2}) + \\ & + P_{зб}(t)(\mu_{зб} - \lambda_{зб}) + P_n(t)(\mu_n - \lambda_n). \end{aligned} \quad (4.11)$$

Якщо розв'язати систему рівнянь (4.1)-(4.11) можна знайти ймовірність перебування вантажного вагона в робочому стані:

$$\begin{aligned} P_p = & \frac{P_o\mu_o^2t_o - P_{обк}t_{обк}(\mu_{обк}\lambda_{обк} - \mu_{кр}\lambda_{обк} + \lambda_{обк}\lambda_{кр} + \mu_{кр} - \lambda_{кр} + \\ & 2t_p - \mu_{обк}^2t_{обк} - \mu_{кр}t_{кр}(\mu_{кр} - \lambda_{кр}) - \\ & + \lambda_{обк}\lambda_{крп} - \mu_{крп}\lambda_{обк} + \mu_{крп} - \lambda_{крп}) - \\ & - \mu_{крп}t_{крп}(\mu_{крп} - \lambda_{крп}) - \\ & - P_{ТО}\lambda_{ТО}t_{ТО}(\mu_{ТО} - \lambda_{ТО}) - P_{ТО\vartheta-1}\lambda_{ТО\vartheta-1}t_{ТО\vartheta-1}(\mu_{ТО\vartheta-1} - \lambda_{ТО\vartheta-1}) - \\ & - \mu_{ТО}t_p(\mu_{ТО} - \lambda_{ТО}) - \mu_{ТО\vartheta-1}t_p(\mu_{ТО\vartheta-1} - \lambda_{ТО\vartheta-1}) - } \end{aligned}$$

$$\frac{-P_{TO6-2}\lambda_{TO6-2}t_{TO6-2}(\mu_{TO6-2}-\lambda_{TO6-2})-P_{ДР}\lambda_{ДР}t_{ДР}(\mu_{ДР}-\lambda_{ДР})-}{-\mu_{TO6-2}t_p(\mu_{TO6-2}-\lambda_{TO6-2})-\mu_{ДР}t_p(\mu_{ДР}-\lambda_{ДР})-}\frac{-P_{зб}\lambda_{зб}t_{зб}(\mu_{зб}-\lambda_{зб})-P_n\lambda_n t_n(\mu_n-\lambda_n)}{-\mu_{зб}t_p(\mu_{зб}-\lambda_{зб})-\mu_n t_p(\mu_n-\lambda_n)} \quad (4.12)$$

Для відображення перебування вантажного вагона в різних станах, що впливає на робочий стан, наведемо такі графічні залежності (рис. 4.2).



1 – перебування у початковій стадії; 2 – на стадії підконтрольної експлуатації; 3 – при проведенні ТОВ-1; 4 – при проведенні ТОВ-2; 5 – при проведенні ДР

Рисунок 4.2 – Залежності ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані від пробігу

Використавши вираз для знаходження ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані (4.12), можна уточнити вираз для коефіцієнта технічної готовності вагонного парку:

$$\begin{aligned}
 K_{\Gamma} = \frac{m}{m_{\text{заг}}} \sum_{i=1}^n \frac{P_{oi} \mu_{oi}^2 t_{oi} - P_{обкі} t_{обкі} (\mu_{обкі} \lambda_{обкі} - \mu_{крі} \lambda_{обкі} + \\
 + \lambda_{обкі} \lambda_{крі} + \mu_{крі} - \lambda_{крі} + \lambda_{обкі} \lambda_{крні} - \mu_{крні} \lambda_{обкі} + \mu_{крні} - \lambda_{крні}) - \\
 - \mu_{крні} t_{крні} (\mu_{крні} - \lambda_{крні}) - \\
 - P_{TOi} \lambda_{TOi} t_{TOi} (\mu_{TOi} - \lambda_{TOi}) - P_{TOв-лі} \lambda_{TOв-лі} t_{TOв-лі} (\mu_{TOв-лі} - \lambda_{TOв-лі}) - \\
 - \mu_{TOi} t_{pi} (\mu_{TOi} - \lambda_{TOi}) - \mu_{TOв-лі} t_{pi} (\mu_{TOв-лі} - \lambda_{TOв-лі}) - \\
 - P_{TOв-2i} \lambda_{TOв-2i} t_{TOв-2i} (\mu_{TOв-2i} - \lambda_{TOв-2i}) - P_{ДРі} \lambda_{ДРі} t_{ДРі} (\mu_{ДРі} - \lambda_{ДРі}) - \\
 - \mu_{TOв-2i} t_{pi} (\mu_{TOв-2i} - \lambda_{TOв-2i}) - \mu_{ДРі} t_{pi} (\mu_{ДРі} - \lambda_{ДРі}) - \\
 - P_{збі} \lambda_{збі} t_{збі} (\mu_{збі} - \lambda_{збі}) - P_{ні} \lambda_{ні} t_{ні} (\mu_{ні} - \lambda_{ні})}{2 t_{pi} - \mu_{обкі}^2 t_{обкі} - \mu_{крі} t_{крі} (\mu_{крі} - \lambda_{крі}) - \\
 - \mu_{збі} t_{pi} (\mu_{збі} - \lambda_{збі}) - \mu_{ні} t_{pi} (\mu_{ні} - \lambda_{ні})}, \quad (4.13)
 \end{aligned}$$

де m – кількість вантажних вагонів, що перебувають у справному технічному стані;

i – відповідний вантажний вагон;

$m_{\text{заг}}$ – загальна кількість вагонів вантажного парку.

Для парку універсальних піввагонів побудовано залежність для коефіцієнта готовності вагона на відповідному пробігу (рис. 4.3).

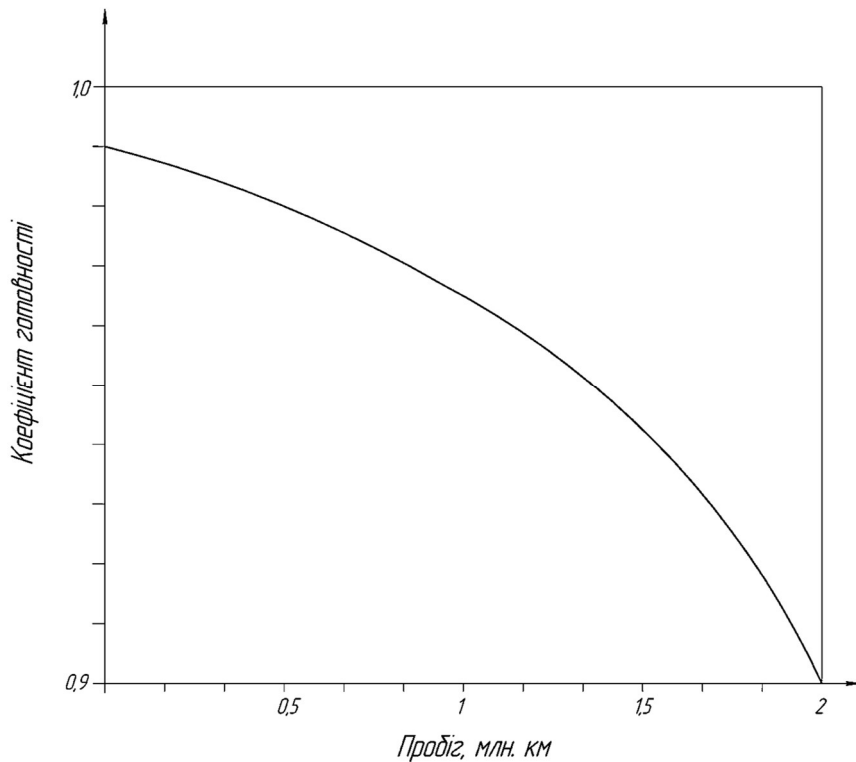


Рисунок 4.3. – Коефіцієнт готовності парку універсальних піввагонів залежно від перебування вагона на відповідному пробігу

4.2 Технічний стан вантажного вагона при отриманні інформації при виконанні технічного обслуговування та ремонту

Для окремого елемента вантажного вагона сукупність інформації, отриманої оглядачем чи слюсарем, може бути подана у вигляді вектора окремих параметрів, а для групи елементів вантажного вагона – у вигляді матриці контрольованих параметрів [33].

Вектор контрольованих параметрів вантажного вагона в певний інтервал часу буде мати вигляд:

$$D=(D_1,D_2,...,D_{m-1},D_m). \quad (4.14)$$

Матриця контрольованих параметрів вантажного вагона в певний інтервал часу буде мати вигляд:

$$D = \begin{pmatrix} D_{11}, \dots, D_{1m} \\ D_{21}, \dots, D_{2m} \\ \dots, \dots, \dots \\ D_{n1}, \dots, D_{nm} \end{pmatrix}, \quad (4.15)$$

де n – кількість контрольованих параметрів, що фіксуються оглядачем чи слюсарем для визначення технічного стану вантажного вагона;

m – множина всіх ймовірних значень контрольованого параметра вантажного вагона.

На рис. 4.4 наведено графічну інтерпретацію випадкової функції контрольованих параметрів за отриманою оглядачем чи слюсарем інформацією про технічний стан усієї сукупності елементів вантажного вагона.

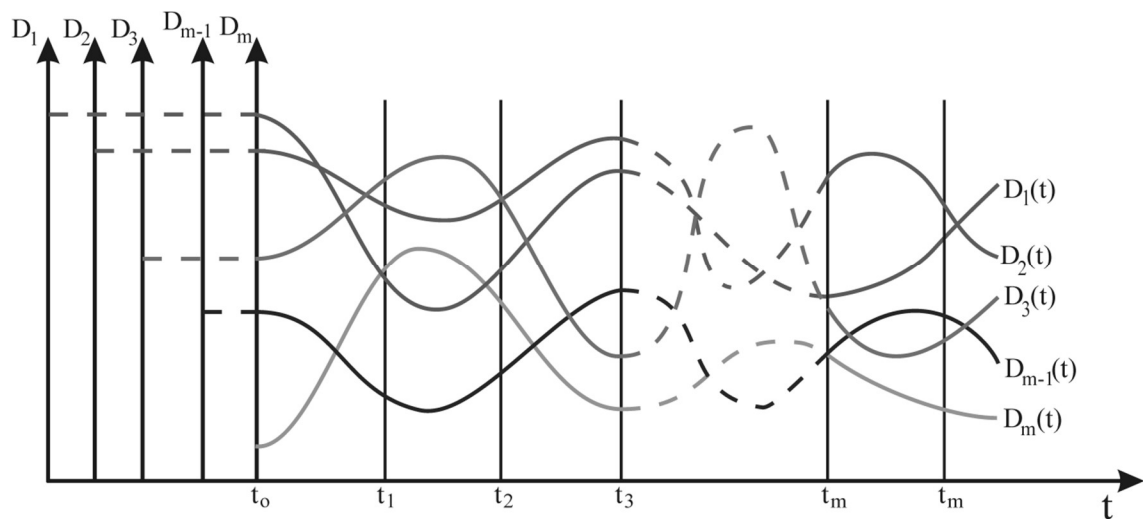


Рисунок 4.4– Графічна інтерпретація випадкової функції контрольованих параметрів за отриманою оглядачем чи слюсарем інформацією про технічний стан усієї сукупності елементів вантажного вагона

З рис. 4.4 бачимо, що кожному контрольованому параметру властива випадкова величина, яка буде змінюватися з часом чи пробігом вантажного вагона, тобто вся сукупність контрольованих параметрів може бути розглянута

у вигляді сукупності реалізацій і у вигляді сукупності випадкових функцій, які змінюються з часом.

Під час отримання інформації про технічний стан вантажного вагона існує функція розподілу контрольованого параметра у відповідному часовому інтервалі. Якщо прийняти як отримувану інформацію про параметри технічного стану індикаторний контроль граничних станів вузлів вантажних вагонів, то графічна інтерпретація сукупності контрольованих параметрів буде мати такий вигляд (рис. 4.5).

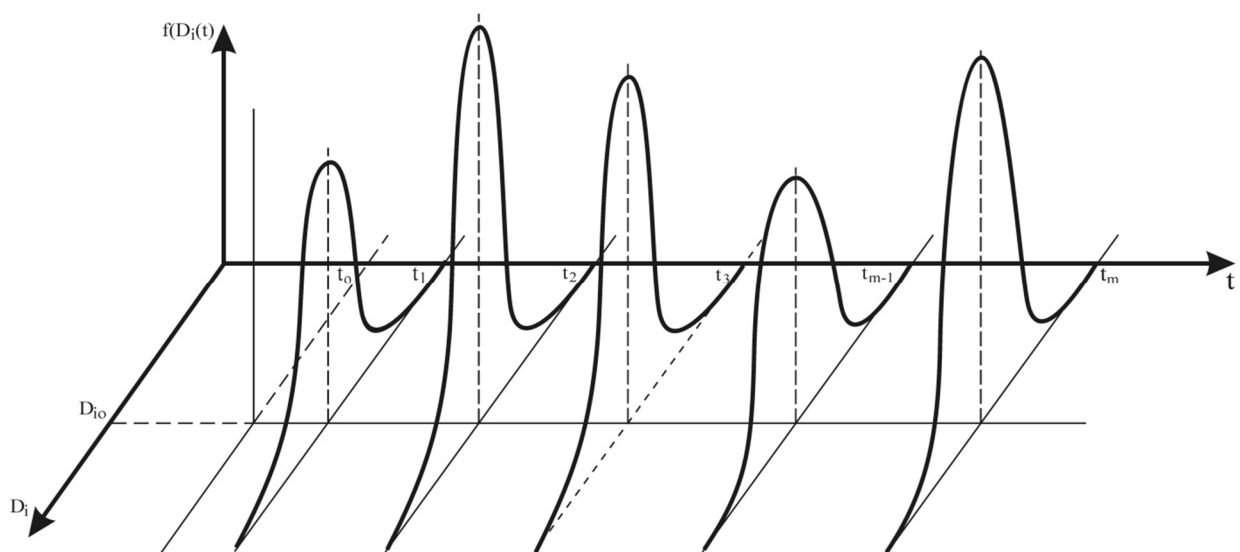
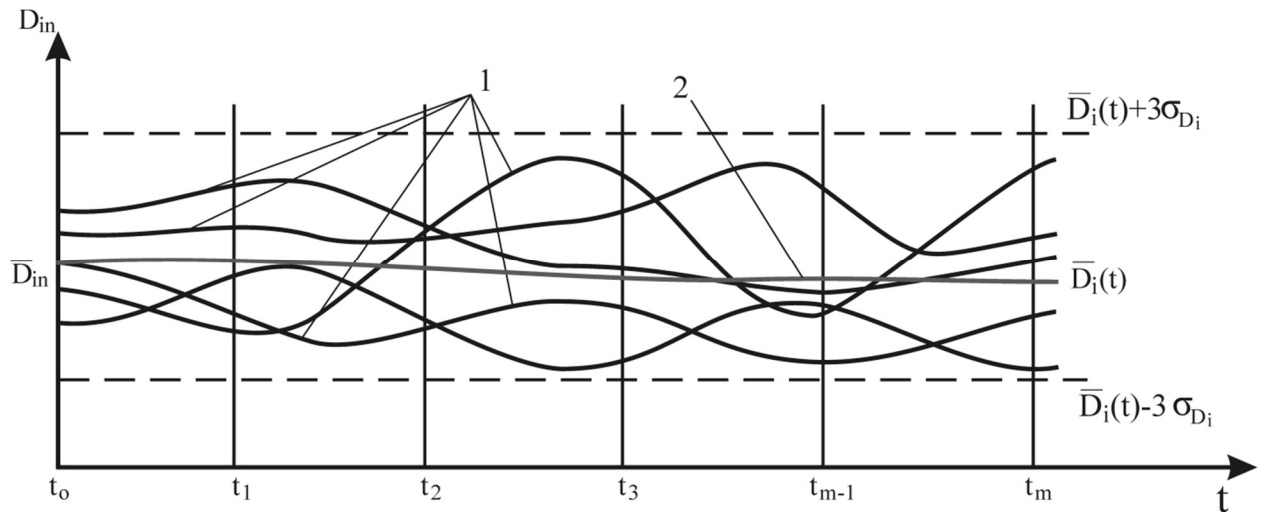


Рисунок 4.5 – Графічна інтерпретація сукупності контрольованих параметрів технічного стану при індикаторному контролі граничних станів вузлів вантажних вагонів

Для випадку, коли відома функція розподілу контрольованого параметра технічного стану вантажного вагона, повинен існувати певний інтервал значень для реалізації випадкової функції (рис. 4.6).



1 – усі можливі випадкові функції контрольованого параметра; 2 – середнє значення функції контрольованого параметра

Рисунок 4.6 – Інтервал значень для реалізації випадкової функції контрольованого параметра технічного стану вантажного вагона, які розподілені нормально в часі

Для випадку закону нормального розподілу інтервал реалізації контрольованого параметра технічного стану вантажного вагона буде перебувати в межах $(\bar{D}_i(t) - 3\sigma_{D_i}; \bar{D}_i(t) + 3\sigma_{D_i})$ [25].

Величина щільності розподілу випадкової величини в n -му перерізі пробігу вантажного вагона є одновимірною із закону розподілу випадкової функції, тому не є повною та вичерпною характеристикою.

Більш повною характеристикою буде закон розподілу, який включає два перерізи:

$$f(D_1(t_1), D_2(t_2)), \quad (4.16)$$

а ще більш повною характеристикою є тривимірний закон розподілу:

$$f(D_1(t_1), D_2(t_2), D_3(t_3)). \quad (4.17)$$

Наведене означає, що закон розподілу випадкової функції є законом розподілу n випадкових величин.

У підсумку маємо, що технічний стан вантажного вагона може бути описаний вектором контрольованих параметрів, які отримані на певному відрізку часу, та їх матрицею при постійному спостереженні за параметрами на певному відрізку часу. Інформація про зміну технічного стану вантажного вагона може бути подана за допомогою випадкових функцій розподілу контрольованих параметрів.

Для встановлення ваги контрольованого параметра технічного стану вантажного вагона при індикаторному контролі граничних станів його вузлів ξ_i можна використати залежність [29]

$$\xi_i = \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_n}, \quad (4.18)$$

де φ_i – значущість контрольованого параметра, що отриманий за допомогою певного методу індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

Загальна вага всіх контрольованих параметрів технічного стану вантажних вагонів, що отримані методом індикаторного контролю граничних станів його вузлів та можуть бути взяті до уваги й будуть враховані, дорівнює

$$\sum \xi_i = 1. \quad (4.19)$$

Оскільки технічний стан вантажного вагона буде постійно змінюватися, тобто буде необхідне проведення технічного обслуговування чи ремонту, то такий стан можна розділити на кілька рівнів, які будуть включати:

- рівень необхідності проведення технічного обслуговування;

- рівень необхідності проведення деповського ремонту;
- рівень необхідності проведення капітального ремонту.

Для наведених рівнів запишемо вирази для ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона в загальному вигляді [10]:

$$P_{\text{безв}} \leq \prod_{i=1}^n P_{ji} \xi_{ji} + \Delta P_{ji} \xi_{ji}, \quad (4.20)$$

$$P_{\text{безв}_{ji}} \leq 1, \quad (4.21)$$

де P_{ji} – ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона, виявлена на j -му рівні i -м способом індикаторного контролю граничних станів його вузлів;

ΔP_{ji} – вплив непрогнозованих факторів на ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона в межах отриманої інформації на j -му рівні.

Зауважимо, що точність отриманої інформації буде зростати за умови

$$\Delta P_{ji} \Rightarrow 0, \quad (4.22)$$

а отже:

$$\Delta P_{ji} \xi_{ji} \Rightarrow 0. \quad (4.23)$$

Запропонована інформаційна система індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажного вагона має 3 рівні ($j=I, II, III$), але може бути й укрупнена і мати 5-7 рівнів контролю.

Відповідні величини ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на цих трьох рівнях можна оцінити системою рівнянь:

$$\begin{cases} P_{I\delta e3\delta} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{Ii} \zeta_{Ii} + \Delta P_{Ii} \zeta_{Ii}; \\ P_{II\delta e3\delta} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{IIi} \zeta_{IIi} + \Delta P_{IIi} \zeta_{IIi}; \\ P_{III\delta e3\delta} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{IIIi} \zeta_{IIIi} + \Delta P_{IIIi} \zeta_{IIIi}, \end{cases} \quad (4.24)$$

де $P_{I\delta e3\delta}$, $P_{II\delta e3\delta}$, $P_{III\delta e3\delta}$ – величина ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному рівні.

У свою чергу, ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона можна знайти за виразом [10]:

$$P(t) = \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_i \right] dt\right), \quad (4.25)$$

де z – сукупність контрольованих параметрів, що найбільше впливають на технічний стан вантажного вагона на відповідному рівні;

n – кількість контрольованих параметрів;

i – відповідний інформаційний рівень технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів;

k_e – коефіцієнт, що враховує умови роботи вантажних вагонів.

Урахувавши останній вираз (4.25), виконаємо дії і запишемо систему рівнянь (4.24) у такому вигляді:

$$\begin{cases} P_{I\delta e3\delta} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{Ii} \right] dt\right) \zeta_{Ii} + \Delta P_{Ii} \zeta_{Ii}; \\ P_{II\delta e3\delta} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{IIi} \right] dt\right) \zeta_{IIi} + \Delta P_{IIi} \zeta_{IIi}; \\ P_{III\delta e3\delta} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{IIIi} \right] dt\right) \zeta_{IIIi} + \Delta P_{IIIi} \zeta_{IIIi}. \end{cases} \quad (4.26)$$

Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що внаслідок поетапного зростання точності отримання інформації за рівнями, а отже, і визначення технічного стану, вплив та ймовірність непрогнозованих факторів буде зменшуватися:

$$\Delta P_I > \Delta P_{II} > \Delta P_{III}. \quad (4.27)$$

Якщо ремонт виконано в повному обсязі з дотриманням технологічного процесу його виконання, то можна стверджувати, що

$$\Delta P_{II} \text{ та } \Delta P_{III} \Rightarrow 0.$$

Точність отримання інформації про перебування вантажного вагона у відповідному технічному стані у трирівневій системі для відповідного пробігу наведена на рис. 4.7.

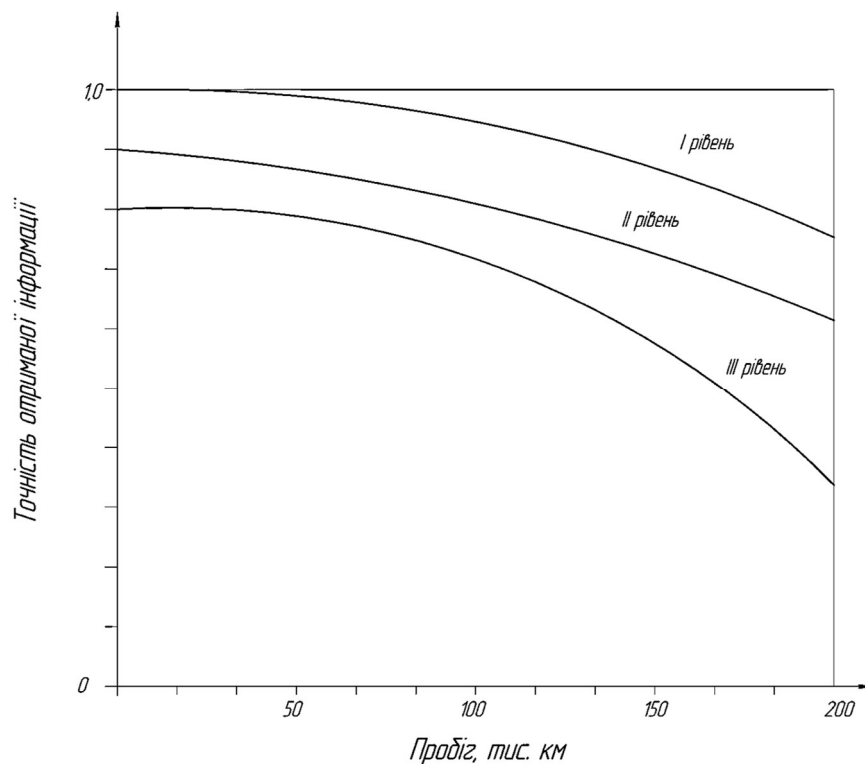


Рисунок 4.7 – Точність отримання інформації про перебування вантажного вагона у відповідному технічному стані в трирівневій системі для відповідного пробігу

Тобто, чим раніше знайдено ймовірність безвідмовної роботи на відповідному рівні, тим вона вище.

4.3 Допущення помилок при виконанні технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів

Як показують дані досліджень, значний вплив на рівень безпеки руху має людський фактор [177, 178, 181]. Діяльність в системі «людина – вантажний вагон» пов'язана з виконанням розумових і фізичних функцій. При цьому діяльність людини здійснюється за детермінованими й випадковими процедурами або правилами, інструкціями, технологічним графіком. У першому випадку ця діяльність строго регламентована. У другому випадку можливі випадкові несподівані події при виконанні технологічного процесу з технічного обслуговування чи ремонту, наприклад погіршення природних умов. У деяких процесах такі події прогнозують і готують відповідні керівні дії [178].

Розумова праця (інтелектуальна діяльність) пов'язана з прийомом і переробкою інформації і переважно вимагає зосередження уваги, напруги сенсорного апарату, пам'яті, а також активізації процесів мислення, емоцій. Праця оглядачів та слюсарів під час технічного обслуговування та ремонту вимагає підвищеної відповідальності та високої нервово-емоційної напруги. Така праця буде визначатися високим ступенем динамічності інформації, її обсягом, дефіцитом часу для підготовки і прийняття правильних рішень, необхідністю розв'язання конфліктних ситуацій, які періодично виникають у ході технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. У свою чергу, використання системи індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажного вагона вимагає підвищеної уваги, інтелектуальної діяльності, нервово-емоційної напруги.

Тяжкість проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів є кількісною характеристикою фізичної праці, а напруженість праці є

кількісною характеристикою розумової праці в процесі підготовки оглядачів і слюсарів, яка визначається величиною інформаційного навантаження. При експлуатації вантажних вагонів можна виділити чотири рівні впливу факторів умов праці на людину [141]: комфортні умови праці, відносно дискомфортні умови праці, екстремальні умови праці, надекстремальні умови праці.

Кількісні показники тяжкості та напруженості праці визначають розрахунковим шляхом. Для цього за допомогою спеціальних таблиць [134] кожен фактор умов проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів оцінюють експерти за шестибальною шкалою. Інтегральну оцінку тяжкості й напруженості праці обчислюють за формулою

$$IO = [X_i + |\sum x_{ij}(6 - X_i)/(n - 1)|]. \quad (4.28)$$

де X_i – найбільш значущий за рангом елемент умов праці на i -му робочому місці проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів;

n – кількість вантажних вагонів при проведенні технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів;

x_{ij} – бальна оцінка i -го фактора на j -му робочому місці при проведенні технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

При цьому кожен елемент умов праці на робочому місці проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів отримує оцінку від 1 до 6 залежно від своєї величини і тривалості дії (експозиції). При експозиції менше 90 % часу робочої зміни певної тривалості фактична оцінка елемента в балах становитиме

$$X_{\phi i} = x_{max} \cdot T_{\phi i} / \Phi, \quad (4.29)$$

де x_{max} – максимальна оцінка елемента при експозиції від 90 % і більше часу робочої зміни;

$T_{\phi i}$ — фактична тривалість дії елемента протягом робочої зміни проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів;

Φ — фонд робочого часу робочої зміни проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

У цьому випадку замість x_{ij} у формулі (4.28) при розрахунку ІО використовують $X_{\phi i}$. За наявності на робочому місці проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів факторів, що мають з урахуванням експозиції оцінку 2 бали і більше, у розрахунок оцінки беруть тільки такі біологічно значущі чинники. Фактори з оцінкою 1 і 2 бали в розрахунок не приймають. Категорію важкості й напруженості праці визначають за інтегральною оцінкою ІО (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Інтегральна бальна оцінка тяжкості й напруженості праці при проведенні технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за категоріями

Категорія важкості праці	I	II	III	IV	V	VI
Інтегральна оцінка ІО, бал	18	19-33	34-45	46-53	54-59	59,1-60

Роль помилок оглядачів вагонів проявляється у впливі на процес підготовки оглядачів та слюсарів для проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів (існуючий процес експлуатації) та в оцінці результатів його виконання.

Помилки оглядачів вагонів можуть бути визначені як набір властивих людині психофізіологічних особливостей, які повинні братися до уваги для виключення причин неправильних дій.

Помилки оглядачів вагонів часто інтерпретують і використовують при експертизі причин аварій і транспортних подій, які спричинили за собою людські жертви або матеріальний збиток [133].

Помилки оглядачів вагонів, що спричинили хибні дії, не завжди зумовлені психологічними і психофізіологічними характеристиками людини і не завжди відповідають рівню складності виконуваних завдань або проблем. Помилки оглядачів вагонів, як правило, відбуваються ненавмисно. Людина виконує дії, які розцінюються нею як найбільш підходящі або правильні.

Причини, що сприяють помилковим діям людини, можна класифікувати за такими групами:

- недоліки інформаційного забезпечення, відсутність або недостатня інформаційна підтримка;
- помилки, викликані зовнішніми факторами;
- помилки, викликані фізичним і психологічним станом і властивостями людини;
- обмеженість ресурсів підтримки і виконання прийнятого рішення;
- емоційна напруженість;
- зниження негативної ролі організаційних чинників;
- зниження уваги у звичній і спокійній обстановці;
- незадовільний психічний стан людини;
- розсіювання уваги, що виникає при виконанні необхідних дій, особливо при несподіваних відмовах устаткування вантажних вагонів або раптовій зміні ситуації.

Помилки оглядачів вагонів можна визначити як набір психологічних і фізіологічних чинників і обмежень, які є причиною приблизно 80 % від загальної кількості транспортних подій та інцидентів на залізничному транспорті. Складність сучасних технічних систем підвищує ймовірність виникнення помилок. Тому необхідно розробляти спеціальні методи для полегшення праці оглядачів та слюсарів і вживати необхідні заходи до зниження зазначеної ймовірності.

Існує безліч моделей управління помилками людей. Розглянемо основні з них.

До європейської моделі відносять комплекс модифікацій моделі по країнах Європи. До них належать системи управління [132]: шведська соціотехнічна, фінська за результатами, німецька диверсифікованої якості виробництва і безконфліктний спосіб виробництва, італійська – гнучкої спеціалізації, гарцбурзька – делегування відповідальності та ін. Аналіз цих моделей показує їх спрямованість на визначення характерних особливостей застосовуваних практик управління людськими ресурсами у вигляді певних параметрів і факторів. Їх сукупність може бути використана як критерії ефективності управління помилками оглядачів вагонів.

У наведених переліках європейської моделі управління помилками оглядачів вагонів слід виділити такі особливості:

- взаємозв'язок і взаємозумовленість параметрів і факторів, що враховуються в моделі;
- перевага віддається власним трудовим ресурсам під час формування кар'єри персоналу;
- симбіоз комбінацій стратегій управління людським фактором, який спирається на внутрішній і зовнішній кадровий потенціал залежно від націленості організації на ринкові можливості;
- розвиваються групові форми організації праці;
- стратегія розвитку кар'єри працівників співвіднесення з особливостями виробництва і реалізується через спеціальні курси навчання і виховання, адаптацію до стилю й методів роботи організації;
- відкритість інформації як організаційна характеристика культури виробництва;
- децентралізація і делегування повноважень за мінімальної кількості рівнів управління;
- інвестиції в розвиток персоналу;
- вдосконалення системи винагород шляхом застосування гнучких пакетів оплати;
- навчання та підготовка персоналу як ділова стратегія кампанії;

- становлення практики управління людським фактором як довгострокової перспективної орієнтації компанії;
- розвиток соціально орієнтованих форм господарювання.

У цілому європейська модель орієнтує кожну організацію на унікальність підходу до управління помилками оглядачів вагонів.

В основу японської моделі [141] покладено синтез національних, культурних, релігійних традицій та інноваційних технологій, властивих японській економіці.

Основні відмінності, властиві японській моделі, полягають у довічному наймі, оцінці результатів праці за стажем та віком працівників, колективній відповідальності за результати праці, колективному прийнятті рішень, підготовці персоналу з універсальними виробничими навичками, неформальних процедурах координації дій і тонких механізмах групового контролю якості праці, створенні неформальних відносин між керівниками і виконавцями і підвищеній увазі до них.

Основна відмінність японської моделі від європейської полягає в японському колективізмі, який не визнає індивідуальності. У той же час відсутність індивідуальної відповідальності є основним недоліком цієї моделі.

Північноамериканська модель [141] побудована на принципах виконання персоналом суворо обумовлених функцій, спеціалізований характер праці та централізована система прийняття рішень. Виробничий процес ділиться на операції, виконання яких здійснюється висококваліфікованим персоналом і спеціальною технікою. Основні принципи організації управління людським фактором передбачають: короткостроковий найм працівників, швидку їх оцінку і просування по службі залежно від досягнутих результатів, професійну підготовку з вузькою спеціалізацією, індивідуальну відповідальність, формалізацію посадових інструкцій і контролю виконання, свободу дій при прийнятті рішень, ієрархічну підпорядкованість та регламентацію відносин, командно-бюрократичні методи управління.

Наведена модель орієнтована на високу плинність кадрів. Основна мотивація при цьому полягає в можливості швидкого звільнення від малоефективного працівника. Поряд з цим, така модель не є догмою, і багато американських компаній безперервно експериментують у пошуках ефективних методів менеджменту.

Суть управління помилками людей в Китаї визначається моментами [140], які полягають:

- у розвитку приватного і суспільного виробництва;
- децентралізації функцій управління;
- застосуванні прямих і непрямих методів управління людським фактором;
- реформуванні систем мотивації і заохочення людської діяльності матеріальними й моральними стимулами;
- широкому використанні наукових розробок у галузі управління людським фактором.

Переходи на нові форми й методи управління помилками людини дозволили Китаю забезпечити високе зростання ВВП і вийти на перші позиції у світі.

Одним з підходів до зниження впливу помилок оглядачів на залізницях є підвищення якості виконання технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

Водночас завдання вдосконалення проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів у повному обсязі досі не вирішені.

4.4 Показники і критерії оцінки врахування технологічних помилок оглядачів вантажних вагонів на їх безвідмовність

Основним показником надійності роботи в системі «людина – вантажний вагон» при виконанні технічного обслуговування та ремонту є ймовірність

того, що напрацювання на відмову не перевищить заданого тимчасового обмеження. Вона буде визначатися таким виразом:

$$P(T \leq t) = \{P_{\text{ВВ}}(T \leq t) \cdot P_{\text{П}}(T \leq t)\}, \quad (4.30)$$

де $P_{\text{ВВ}}$ и $P_{\text{П}}$ – значення ймовірностей відмов, які зумовлені надійністю вантажного вагона і впливом помилок оглядачів вагонів відповідно;

T – час роботи вантажного вагона до першої відмови;

t – відрізок часу, протягом якого встановлюють ймовірність відмов вантажного вагона.

Закономірності залежностей ймовірності відмов $P_{\text{ВВ}}$ і помилок $P_{\text{П}}$ при T , меншому або рівному t у оглядача чи слюсаря і вантажного вагона визначаються біологічною природою організму людини, з одного боку, і конструкцією, властивостями матеріалів і умовами експлуатації вантажного вагона – з іншого.

При аналізі надійності системи «людина – вантажний вагон» об'єктами дослідження є різні випадкові події і величини, які впливають відповідним чином як на стан людини, так і на вантажний вагон. Типову функцію інтенсивності відмов вантажного вагона наведемо на рис. 4.8, у якій можна виділити три характерних ділянки:

- від початку експлуатації до t_1 – інтервал часу, на якому інтенсивність відмов зменшується внаслідок конструктивних допрацювань вантажних вагонів у процесі виробничих випробувань, обкатки деталей і вузлів та інших технічних причин;

- t_1 - t_2 – інтервал часу, на якому інтенсивність відмов практично постійна і характеризує стійку роботу вантажного вагона;

- від t_2 до граничного стану – час початку зростання інтенсивності відмов з причини фізичного зносу вантажного вагона.

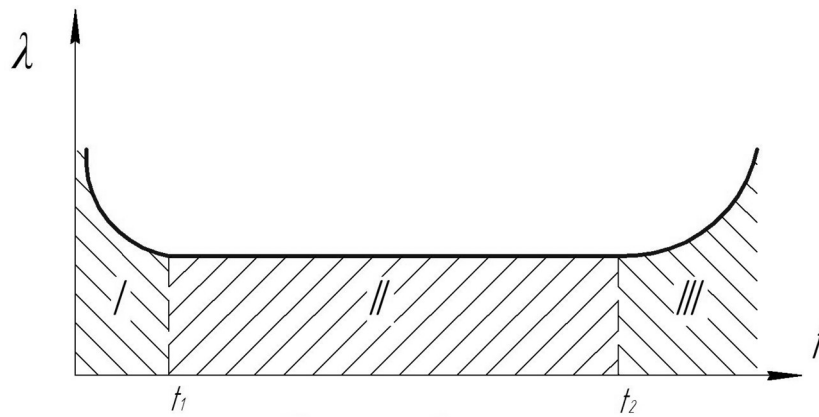


Рисунок 4.8 – Залежність інтенсивності відмов вантажного вагона від напруження

Організм людини відповідно до 1-го і 2-го законів термодинаміки біологічних систем перебуває в стійкому невірноваженому термодинамічному стані, на відміну від вантажних вагонів, які завжди перебувають у нестійкому невірноваженому термодинамічному стані. Це забезпечується біоритмами людини протягом усієї її трудової діяльності за життя. У зв'язку з цим людина періодично перебуває в працездатному і непрацездатному стані. Дослідники виділяють добовий цикл чергування цих станів. Внаслідок перенесених навантажень після зміни працездатного на неробочий стан, людина має потребу у відпочинку для відновлення.

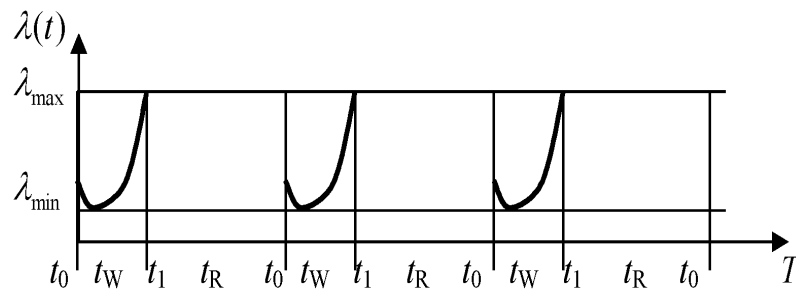
Інтенсивність виникнення відмов вантажних вагонів через технологічні помилки оглядачів вагонів за час працездатного стану, що полягають у помилкових рішеннях або діях, за формою практично збігається з графіком, наведеним на рис. 4.8.

Трудовий процес оглядача чи слюсаря також можна розділити на три часові інтервали [106, 185]:

- характеризує період оперативної адаптації людини до трудового процесу після відпочинку;
- характеризує основний трудовий процес, при якому здійснюється плавний, близький до лінійного перехід термодинамічного стану людини від слабо невірноваженого до сильно невірноваженого;

- характеризує сильно невірноважений термодинамічний стан у результаті втоми, при якому організм втрачає свою працездатність і переходить до відпочинку.

Графічно добові зміни інтенсивності помилок організму оглядача чи слюсаря можна зобразити у вигляді рис. 4.9.

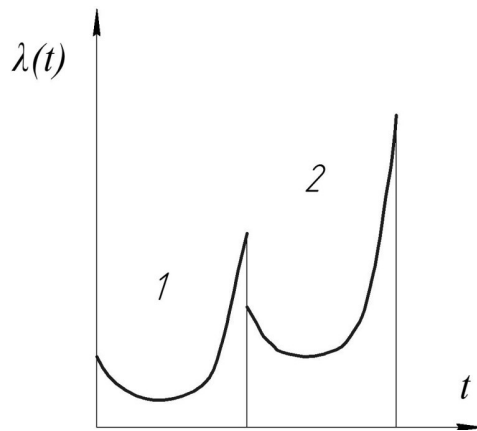


t_W – робота, t_R – відпочинок

Рисунок 4.9 – Залежність змін інтенсивності помилок організму оглядача чи слюсаря протягом доби

Із залежності, що наведена на рис. 4.10, видно, що протягом часу доби t_W в роботі системи «людина – вантажний вагон» відбувається зміна термодинамічного стану організму оглядача чи слюсаря від слабо невірноваженого на початку роботи до сильно невірноваженого в кінці. За час відпочинку t_R в організмі оглядача чи слюсаря відбувається повне відновлення його стану і з початку наступної доби процеси повторюються. Найбільш сприятливим часом роботи з позиції інтенсивності відмов у більшості випадків є робота, що починається зранку, оскільки перед цим, за час сну, зазвичай відбувається найбільш повне відновлення всіх функцій організму від попередніх навантажень. Однак виробничі процеси, пов'язані з виконанням технічного обслуговування вантажних вагонів, є цілодобовими й оглядачі та слюсарі, які проводять таке технічне обслуговування, як правило, працюють у дві зміни. Інтенсивність відмов через людський фактор у цьому випадку буде корелюватися з часом зміни. Залежно добових змін інтенсивності помилок

оглядача чи слюсаря, що виконують технічне обслуговування вантажних вагонів, у разі двозмінної роботи, наведені на рис. 4.10.



$\lambda(t)$ – ймовірність інтенсивності помилок, t – час тривалості робочих змін
Рисунок 4.10 – Залежності добових змін інтенсивності помилок оглядача чи слюсаря, що виконують технічне обслуговування вантажних вагонів для двозмінного режиму роботи

При роботі оглядачів та слюсарів у нічну зміну при виконанні технічного обслуговування вантажних вагонів для трудового процесу характерна значна втома виконавців, яка до кінця зміни сягає максимальної величини.

Як видно із залежностей, наведених на рис. 4.11, для першої зміни роботи характерна мінімальна інтенсивність відмов, більша – припадає на другу зміну. Середнє співвідношення інтенсивності відмов визначається умовами праці оглядача чи слюсаря, які проводять технічне обслуговування, технічними параметрами і умовами експлуатації вантажних вагонів [183].

Величину ймовірності помилок оглядачів вагонів P_{Π} можна подати як певну частку загальної ймовірності відмов системи «людина – вантажний вагон» у такому вигляді:

$$P_{\Pi} = \sum k_{\Pi} P_p, \quad (4.31)$$

де k_{Π} – коефіцієнт впливу технічного обслуговування на надійність вантажного вагона.

Показники помилок оглядачів вагонів, практично такі самі, як показники надійності вантажних вагонів, наприклад, основні з них:

- кількість відмов або порушення організаційно-технологічних процесів технічного обслуговування вантажних вагонів, викликаних негативними подіями, пов'язаними з помилковими діями;

- ймовірність настання відмови або порушення організаційно-технологічного процесу технічного обслуговування вантажних вагонів на інтервалі часу менше заданого $P (T \leq t)$;

- інтенсивність відмов або порушення організаційно-технологічних процесів технічного обслуговування вантажних вагонів;

- час відновлення працездатного стану або організаційно-технологічних процесів технічного обслуговування вантажних вагонів після впливу негативних чинників;

- інтенсивність відмов вантажних вагонів, які викликані негативними подіями, пов'язаними з помилками оглядачів вагонів (кількість відмов за одиницю часу);

- інтенсивність відмов вантажних вагонів, що сталися під впливом помилок оглядачів вагонів (кількість відмов на $t \cdot \text{км}$).

При цьому для управління помилками оглядачів вагонів необхідно розглядати й враховувати такі показники:

- ймовірність настання негативної події, пов'язаної з помилковими та не професійними діями, потенційно здатної спричинити відмову вантажного вагона;

- ймовірність того, що у факті відмови вантажного вагона помилок оглядачів вагонів буде не виявлено;

- ймовірність помилкового віднесення факту відмови вантажного вагона до причини, яка викликана помилкою оглядача вагонів;

- витрати на відновлення працездатного стану вантажного вагона після відмов, що сталися в результаті помилок оглядачів вагонів.

Наведемо один з можливих підходів до оцінки вищенаведених показників ризиків потенційних відмов вантажних вагонів. Показниками приймемо ймовірність появи негативних подій (ризиків) і можливий економічний збиток від їх прояву. Під ризиком будемо розуміти події, які визначаються як ймовірнісні (стохастичні) фактори негативного впливу на вантажні вагони, що викликають порушення процесу виконання технічного обслуговування, зниження надійності й довговічності конструктивних елементів вантажних вагонів, безпеку руху, фінансові та економічні втрати залізниці. Нижче, на рис. 4.11, наведена оціночна матриця негативних подій (ризиків) відмов вантажного вагона: від малоймовірного незначного ризику до очікуваного критичного.

Зростання імовірності

←

Зростання впливу ↑	Очікуваний критичний ризик	Можливий критичний ризик	Малоймовірний критичний ризик
	Очікуваний помірний ризик	Можливий помірний ризик	Малоймовірний помірний ризик
	Очікуваний незначний ризик	Можливий незначний ризик	Малоймовірний незначний ризик

Рисунок 4.11 – Оціночна матриця негативних подій (ризиків)

Ймовірність виникнення ризиків відмов вантажних вагонів може служити критерієм кількісної оцінки додаткових фінансових витрат на їх ліквідацію. У першому наближенні зони якісної оцінки ризиків на процеси проведення технічного обслуговування вантажних вагонів можуть бути прийняті за

узагальненою функцією бажаності Харрінгтона [161], дані яких наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Діапазони шкали функції бажаності

Бажаність	Відмітки на шкалі бажаності
Дуже добре	1,00 – 0,80
Добре	0,80 – 0,63
Задовільно	0,63 – 0,37
Погано	0,37 – 0,20
Дуже погано	0,20 – 0,00

У табл. 4.4 наведена інтерпретація функції бажаності Харрінгтона для випадку застосування до вантажних вагонів, яка може доповнюватися проміжними значеннями з рис. 4.12.

Таблиця 4.4 – Діапазони шкали оцінки ризиків

Бажаність	Ймовірність виникнення ризику
Малоймовірний критичний ризик	1,00 – 0,80
Очікуваний незначний ризик	0,80 – 0,63
Очікуваний помірний ризик	0,63 – 0,37
Можливий критичний ризик	0,37 – 0,20
Очікуваний критичний ризик	0,20 – 0,00

Кількісна оцінка збитків ризиків потенційних відмов вантажних вагонів зараз ускладнена через відсутність інформації про витрати, необхідні на їх відновлення.

Максимальний усереднений за експертами економічний збиток визначимо за формулою:

$$C_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} C_{ij}, \quad (4.32)$$

де i – певний номер вантажного вагона, $i = 1, 2, 3 \dots$;

P_{ij} – ймовірність виникнення j -го номеру потенційного ризику для i -го вантажного вагона;

j – номер виду ризиків, $j = 1, 2, 3 \dots$;

C_{ij} – економічний збиток від j -го номера виду ризиків для i -го вантажного вагона.

Також можна запропонувати оцінювати якість показника безпеки руху поїздів у вигляді поправного коефіцієнта, який визначатимемо за відношенням ймовірності знаходження вантажного вагона в робочому стані (вираз (4.14)) і проектної ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному перерізі часу:

$$K_{ЗБР} = P_p / P_0, \quad (4.33)$$

де $K_{ЗБР}$ – коефіцієнт зниження показника безпеки руху (безвідмовності);

P_0 – проектна ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона.

Також при проведенні технічного обслуговування та ремонту можна ввести показник, що характеризує дотримання технології проведення робіт з технічного обслуговування вантажних вагонів з урахуванням помилок оглядачів вагонів:

$$T_{TO} = \frac{P_{\Pi}}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{t_i}{t_{ki}} \right), \quad (4.34)$$

де t_i – кількість порушень технології робіт i -го технічного обслуговування вантажного вагона;

t_{ki} – кількість параметрів і режимів технологій, яка контролюється при проведенні робіт i -го технічного обслуговування вантажного вагона;

n – кількість технічних обслуговувань вантажного вагона.

Тоді для порівняння проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за існуючою технологією і за технічним станом, можна отримати оцінку в такому вигляді:

$$O_{TO} = \frac{P_{\Pi iCH}}{P_{\Pi TC}} \sum_{i=1}^n \frac{\left(1 - \frac{t_{iiCH}}{t_{kiiCH}}\right)}{\left(1 - \frac{t_{iTC}}{t_{k iTC}}\right)}. \quad (4.35)$$

В останньому виразі індексами "існ" та "тс" позначено показники для існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за існуючою технологією та технічним станом.

Тоді поправний коефіцієнт (4.33) з урахуванням переходу на систему технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за технічним станом з урахуванням виразу (4.35) буде мати такий вигляд:

$$K_{ЗБР} = \frac{P_p}{P_0} \frac{P_{\Pi iCH}}{P_{\Pi TC}} \sum_{i=1}^n \frac{\left(1 - \frac{t_{iiCH}}{t_{kiiCH}}\right)}{\left(1 - \frac{t_{iTC}}{t_{k iTC}}\right)}. \quad (4.36)$$

Отриманий вираз дозволяє здійснити оцінку рівня безпеки руху при переході з існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на систему за технічним станом.

4.5 Ймовірнісна модель виконання технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за технічним станом

В існуючих методах прогнозування впливу помилок оглядачів вагонів під час аналізу надійності вантажних вагонів повинні бути присутніми такі етапи, які полягають [165]:

- у складанні переліків основних відмов вузлів вантажних вагонів;
- складанні технологій робіт для оглядачів та слюсарів, які проводять технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів, і аналогічно для інших задіяних працівників;
- оцінюванні частот помилок під час виконання технологічних операцій з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів;
- визначенні впливів частот помилок на інтенсивність відмов вузлів вантажних вагонів;
- розробці рекомендацій та внесенні потрібних змін у технологію проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

Основний метод, що враховує надійність роботи людини, може бути заданий побудовою дерева ймовірностей (чи результатів). Використання такого методу передбачає деяку умовну ймовірність, що пов'язана з успішним або помилковим виконанням оглядачем чи слюсарем певної технологічної операції з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, або ймовірність, яка пов'язана з появою відповідної події. У цьому випадку результат будь-якої події буде зображуватися гілками чи зв'язками дерева ймовірностей. Обчислити повну ймовірність за успішним виконанням певного завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів можна підсумовуванням певних ймовірностей, які будуть відомі для кінцевої точки шляху (у разі успішного результату) на дереві ймовірностей. У такому методі можна врахувати чинники з деякими уточненнями, наприклад: стрес, який викликаний браком часу; навантаження, яке визначає необхідність прийняття рішень і їх реалізації в різних нестандартних ситуаціях; емоційне навантаження тощо.

Слід зазначити, що застосування цього методу може забезпечити непогану наочність, а математичні обчислення, пов'язані з ним, досить прості,

що так само призводить до зниження ймовірності появи помилок, які можуть при цьому виникати.

Крім того, наведений метод дозволяє провести оцінку умовної ймовірності виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, яка в іншому випадку може бути отримана тільки на основі розв'язків складних рівнянь невизначеного характеру.

Наведемо приклад, пов'язаний з виконанням завдання оглядачем чи слюсарем з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів при існуючій технології x і за технічним станом y . Відомо, що оглядач чи слюсар можуть виконати завдання правильно або ж неправильно. Тобто виконуваними завдання неправильно – це будуть помилки, що з'являються в певній ситуації.

У цьому випадку можна побудувати дерево можливих фіналів та прийти до визначення загальної ймовірності неправильного виконання поставленого завдання. Тоді необхідно покласти в основу статистично незалежні ймовірності виконання завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів x, y .

У дереві можливих результатів необхідно передбачити такі позначення, пов'язані з:

- ймовірністю успішного виконання поставленого завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів $-P_s$;

- ймовірністю невиконання поставленого завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів $-P_F$;

- успішним виконанням завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів $-s$;

- невиконанням поставленого завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів $-f$;

- ймовірністю успішного виконання поставленого завдання x з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів $-P_x$;

– ймовірністю успішного виконання поставленого завдання y з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів – P_y ;

– ймовірністю невиконання поставленого завдання x з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів – P_{fx} ;

– ймовірністю невиконання поставленого завдання y з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів – P_{fy} .

Згідно з уявно побудованим деревом можливих результатів можна зробити висновок щодо ймовірності успішного виконання поставленого завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, яка буде дорівнювати: $P_S = P_x(P_y)$.

Аналогічно можна знайти ймовірність невиконання поставленого завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, яка матиме вигляд: $P_f = 1 - P_x(P_y)$.

З наведених формул і з дерева можливих рішень слід зробити висновок, що єдиний спосіб успішного виконання комплексного завдання з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів полягає в успішному виконанні обох завдань – як x , так і y . Як видно з наведених формул, для ймовірності правильного виконання комплексного завдання існує визначення у вигляді $P_x(P_y)$.

Оцінку надійності роботи, включаючи й помилки оглядачів та слюсарів з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, необхідно виконувати з урахуванням факторів, пов'язаних:

- з якістю навчання і практичною підготовкою;
- наявністю якісних інструкцій, які виключають неправильне тлумачення;
- ергономікою робочих місць;
- психологічними навантаженнями.

Оцінку частот помилок оглядача чи слюсаря з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів необхідно проводити після аналізу всіх наведених факторів, оскільки останні будуть впливати на якість і характер

виконання робіт, пов'язаних з експлуатацією. У разі отримання таких оцінок, їх можна включити в аналіз дерева можливих рішень або відмов.

Слід наголосити на необхідності баз даних помилок оглядачів та слюсарів для проведення аналізу й подальшого прогнозу правильності виконання технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів із забезпеченням безпеки руху і з метою недопущення небезпечних ситуацій. Такі бази інформації поділяються на категорії:

- експериментальні дані, що включають результати експериментів. Однак, незважаючи на ретельність формування таких баз даних, їм властива суб'єктивність;

- експлуатаційні дані, які отримані в реальних експлуатаційних умовах. Формування таких баз досить важко виконати, особливо в різних умовах експлуатації вантажних вагонів, оскільки реєстрацію дій необхідно проводити під час реальних умов експлуатації. Таким базам даних властиві задовільні результати, кращі порівняно з попередніми базами;

- суб'єктивні дані, які будуються на експертних оцінках. При створенні таких баз можна обійтися порівняно невеликими фінансовими внесками, а отримання великого обсягу інформації можливе від невеликої кількості опитаних експертів.

Для використання суб'єктивних даних з метою аналізу надійності роботи оглядача чи слюсаря необхідно привести у відповідність:

- необхідний рівень точності даних;
- достовірність експертних оцінок.

Надходження суб'єктивних даних має відбуватися від осіб, які є висококваліфікованими фахівцями і здатні впоратися з такою роботою.

Основною перевагою бази із суб'єктивними даними є багатогранне охоплення різних параметрів, що вимагають наявності даних про помилки [34].

Аналіз відомих досліджень дозволяє орієнтуватися на такі ймовірності настання негативних подій (відмов):

- помилки реалізації технологій технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів – 0,5;
- помилки проектувальників вантажних вагонів – 0,1;
- помилки виробників вантажних вагонів (дефекти матеріалів, вузлів, конструкцій тощо) – 0,2;
- помилки при експлуатації вантажних вагонів – 0,15;
- перевищення рівня навантажень вантажних вагонів – 0,05.

Побудуємо модель розвитку ситуації для випадку критичного дефекту вузла вантажного вагона з урахуванням помилок оглядачів та слюсарів вагонів у вигляді рис. 4.12.

При цьому види технічних станів вантажних вагонів такі:

П – працездатний;

ОП – обмежено працездатний;

Н – непрацездатний;

А – аварійний;

$P_{пр}, P_{д}, P_{п}$ – ймовірності відповідних подій.

У розробленій моделі показано три можливі стани: працездатний та обмежено працездатний, непрацездатний і аварійний. Для кожного вихідного стану характерний розвиток подій, що пов'язаний з помилками проектувальників, з дефектами при виготовленні деталей та вузлів і технологічними помилками при технічному обслуговуванні вагона.

При цьому ймовірність відмов через технологічні помилки буде визначатися виразом

$$P_{\text{ТП}} = P_i \prod_{j=1}^n (1 - P_j), \quad i = 1, n; \quad j = 1, m; \quad j \neq i. \quad (4.38)$$

Значення граничного рівня дефектності дозволяє на різних стадіях життєвого циклу вагона оцінити можливі прояви зниження ймовірності безвідмовної роботи в процесі експлуатації. Приклад розрахунку для буксового вузла вантажного вагона представлений на рисунку 4.13.

2	помилки проекту вальників		матеріал, відхилення навантаження	контроль (огляд)		ймовірність помилки	дефект підшипника	дефект осі	буксовий вузол	ймовірність кінцевого стану				1-я модель (дефект)			2-я модель (дефект)			граничний рівень дефектності
	q	Pпр	Pд	Pп	ΣPп	Pпід	Pосі	PБукс		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P1	P2	P3	q0
4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,066339	0,059049	0,140049	0,066339	0,007371	0,006561	0,015561	0,000729	0,001729	0,001539	8,3006255
5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,058968	0,052488	0,124488	0,132678	0,014742	0,013122	0,031122	0,001458	0,003458	0,003078	9,2224669
6	0,9	0,3	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,022113	0,005103	0,012103	0,464373	0,199017	0,045927	0,108927	0,019683	0,046683	0,010773	5,8767005
7	0,9	0,5	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,036855	0,003645	0,008645	0,331695	0,331695	0,032805	0,077805	0,032805	0,077805	0,007695	2,8972233
8	0,99	0,5	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,003686	0,000365	0,000865	0,364865	0,364865	0,036086	0,085586	0,036085	0,085586	0,008465	2,8130772
9	0,1	0,6	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,398034	0,026244	0,062244	0,029484	0,044226	0,002916	0,006916	0,004374	0,010374	0,000684	3,3437403
10	0,2	0,6	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,353808	0,023328	0,055328	0,058968	0,088452	0,005832	0,013832	0,008748	0,020748	0,001368	3,1844997
11	0,9	0,8	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,058968	0,001458	0,003458	0,132678	0,530712	0,013122	0,031122	0,052488	0,124488	0,003078	0,9825152
12	0,99	0,8	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,005897	0,000146	0,000346	0,145946	0,583783	0,014434	0,034234	0,0577368	0,136937	0,003386	0,7614426
13	0,1	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,597051	0,006561	0,015561	0,007371	0,066339	0,000729	0,001729	0,006561	0,015561	0,000171	2,8104966
14	0,2	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,530712	0,005832	0,013832	0,014742	0,132678	0,001458	0,003458	0,013122	0,031122	0,000342	2,5349572
15	0,3	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,464373	0,005103	0,012103	0,022113	0,199017	0,002187	0,005187	0,019683	0,046683	0,000513	2,2594178
16	0,4	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,398034	0,004374	0,010374	0,029484	0,265356	0,002916	0,006916	0,026244	0,062244	0,000684	1,9838783
17	0,5	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,331695	0,003645	0,008645	0,036855	0,331695	0,003645	0,008645	0,032805	0,077805	0,000855	1,7083389
18	0,6	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,265356	0,002916	0,006916	0,044226	0,398034	0,004374	0,010374	0,039366	0,093366	0,001026	1,4327995
19	0,7	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,199017	0,002187	0,005187	0,051597	0,464373	0,005103	0,012103	0,045927	0,108927	0,001197	1,1572601
20	0,8	0,9	0,1	0,1	0,19	0,9	0,1	0,09		0,132678	0,001458	0,003458	0,058968	0,530712	0,005832	0,013832	0,052488	0,124488	0,001368	0,8817207

Рисунок 4.13 – Розрахунок граничного рівня дефектності вузла буксового вузла

За результатом розрахунку обирають ті значення граничного рівня дефектності які не виходять за границі встановлених значень та приймають відповідну модель життєвого циклу. На прикладі буксового вузла вантажного вагона значення граничного рівня дефектності рекомендується приймати в межах 2-3 одиниць.

4.6 Оцінка міжремонтного ресурсу при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом

Міжремонтний середній ресурс – це математичне сподівання ресурсу однотипних вантажних вагонів [51].

Ймовірнісне значення міжремонтного середнього ресурсу вагонів можна визначити для поточного значення ресурсу $t=M$ за формулою [52]:

$$\bar{M} = \int_0^{\infty} t \cdot f_r(t) dt. \quad (4.39)$$

Якщо зібрано експериментальні дані щодо ресурсів однотипних вантажних вагонів, статистичне значення міжремонтного середнього ресурсу можна визначити за формулою:

$$\tilde{\bar{M}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_i, \quad (4.40)$$

де N – загальна кількість експериментальних вантажних вагонів;

M_i – зібрані експериментальні ресурси однотипних вантажних вагонів.

Теоретично виконаємо оцінку міжремонтного ресурсу вантажних вагонів, використовуючи вираз (4.39), експоненціальний закон розподілу та, ураховуючи перехід до системи технічного обслуговування та ремонту за станом (вираз (4.35)), на основі такого виразу:

$$\bar{M} = \frac{te^{-\lambda t}}{\lambda} \frac{P_{\text{Пісн}}}{P_{\text{Птс}}} \sum_{i=1}^n \frac{\left(1 - \frac{t_{i\text{існ}}}{t_{k\text{існ}}}\right)}{\left(1 - \frac{t_{i\text{тс}}}{t_{k\text{ітс}}}\right)}. \quad (4.41)$$

Побудуємо залежності міжремонтного ресурсу універсального піввагона при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом (рис. 4.14).

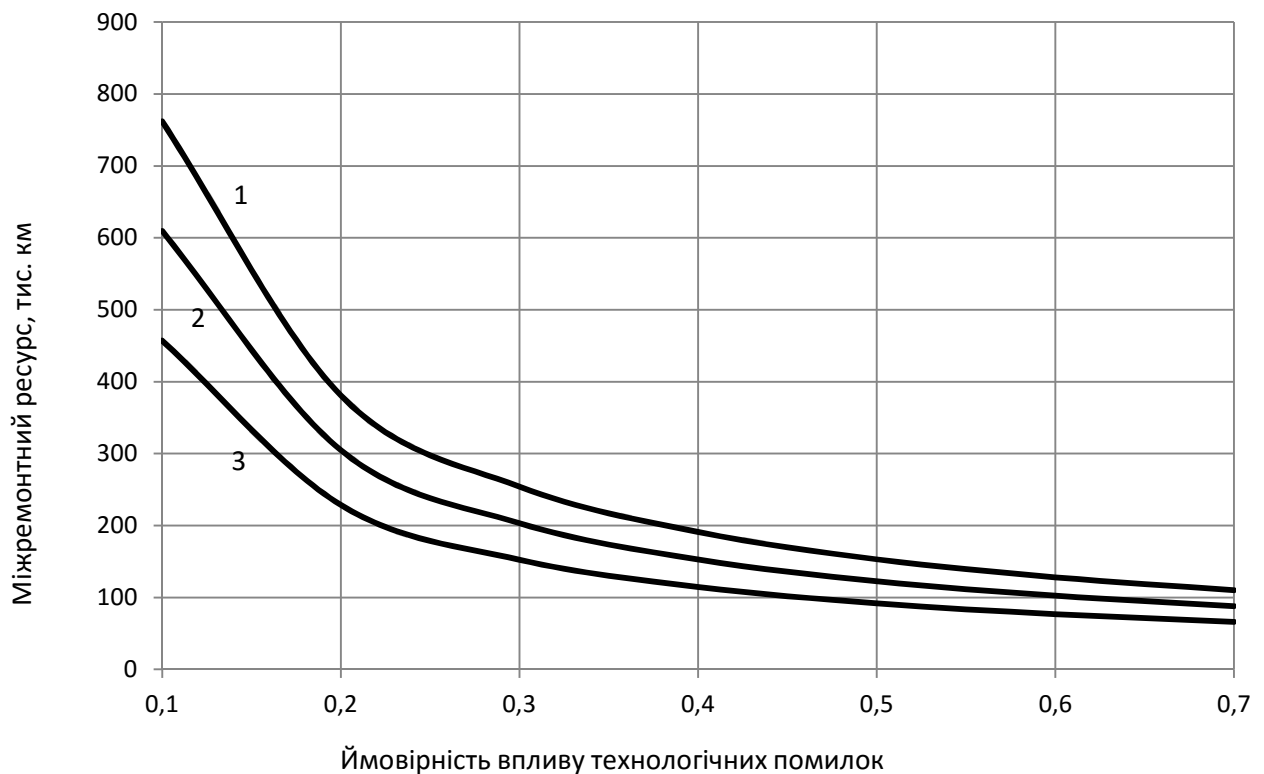


Рисунок 4.14 – Залежності міжремонтного ресурсу універсального піввагона при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом від ймовірності впливу технологічних помилок оглядача вагонів при виконанні завдання на 100 % (1); 80 % (2); 60 % (3)

Наведені залежності підтверджують збільшення міжремонтного ресурсу універсального піввагона при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом у 1,2...2,3 разу. Окремо можна вказати більші можливості у підвищенні міжремонтного ресурсу при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом, але потрібен ретельний перегляд усього технологічного процесу виконання, нові підходи до навчання оглядачів та слюсарів та постійна можливість підвищення кваліфікації.

Висновки до розділу 4

Зміна технічного стану вантажних вагонів у експлуатації відбувається протягом всього терміну існування, тобто на різних стадіях життєвого циклу. Зокрема, вагон може перебувати: у початковому стані (дослідний зразок, який проходить приймальні випробування та має дослідний пробіг); на стадії підконтрольної експлуатації; на обкатуванні; у справному робочому стані; на технічному обслуговуванні (ТО, ТОВ-1, ТОВ-2); на деповському ремонті (ДР); на капітальному ремонті (КР, КРП); на зберіганні; у справному неробочому стані (простоявання). Перехід з однієї стадії життєвого циклу в іншу відбувається стрибкоподібно, тобто таким переходам властивий випадковий процес. Ймовірність перебування вантажного вагона на відповідній стадії життєвого циклу буде визначатися його попереднім технічним станом, а загальна величина сукупності всіх можливих станів складається з ланцюга Маркова для випадкових процесів з випадковими станами і безперервним потоком часу. У результаті отримана залежність ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані протягом життєвого циклу, на основі якої було уточнено вираз для коефіцієнту технічної готовності вагонного парку.

Для окремого елемента вантажного вагона сукупність інформації, отриманої оглядачем чи слюсарем, може бути подана у вигляді вектора окремих параметрів, а для групи елементів вантажного вагона – у вигляді матриці контрольованих параметрів. Оскільки технічний стан вантажного вагона постійно змінюється, тобто виникатиме необхідність у виконанні технічного обслуговування чи ремонту, то його можна розділити на кілька рівнів, а саме:

- рівень необхідності виконання технічного обслуговування;
- рівень необхідності виконання поточного ремонту;
- рівень необхідності виконання капітального ремонту.

Для запропонованих рівнів отримано вирази для ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона в загальному вигляді, що враховують ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному рівні за допомогою індикаторного контролю граничних станів вузлів.

Також у розділі розглянуто вплив технологічних помилок оглядача вагонів на виконання технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. Одним з підходів до зниження рівня технологічних помилок на залізниці є підвищення якості виконання технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. Водночас завдання вдосконалення проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів у повному обсязі не вирішені.

Також запропоновано оцінювати якість показника безпеки руху поїздів за допомогою поправного коефіцієнта, який визначається відношенням ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані й проектною ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному відрізку часу. Отриманий вираз дозволяє здійснити оцінку рівня безпеки руху при переході від існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів до системи за технічним станом.

При проведенні технічного обслуговування та ремонту запропоновано ввести показник, що характеризує дотримання технології виконання робіт з технічного обслуговування вантажних вагонів з урахуванням технологічних помилок.

Було отримано вираз для порівняння якості проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за існуючою технологією і за технічним станом.

Запропоновано модель розвитку ситуації для випадку критичного дефекту вузла вантажного вагона. У розробленій моделі показано три можливі стани: працездатний та обмежено працездатний, непрацездатний і аварійний. Для кожного вихідного стану характерний розвиток подій, що пов'язаний з помилками проектувальників, з дефектами при виготовленні деталей та вузлів і

технологічними помилками оглядача вагонів. Описана модель дозволяє визначити граничний рівень дефектності вузла вантажного вагона.

Крім того, запропоновано вираз для оцінки міжремонтного ресурсу вантажних вагонів. Встановлено, що при переході до системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за станом відбувається збільшення міжремонтного ресурсу універсального піввагона у $1,2 \dots 2,3$ разу.

РОЗДІЛ 5

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ

5.1 Експериментальні дослідження технічного стану вантажних вагонів в умовах діючої системи технічного обслуговування та ремонту

На дослідній ділянці експлуатації піввагонів було зібрано інформацію про відмови та тривалість відновлення працездатного технічного стану і виконано її статистичну обробку.

Експлуатаційні випробування 50 таких піввагонів проведені на дослідному маршруті № 2 «Кривий Ріг – Ужгород – Кошице», на якому виконувалися перевезення залізничної сировини на металургійний комбінат у Словаччину. Експлуатаційна робота маршруту включала:

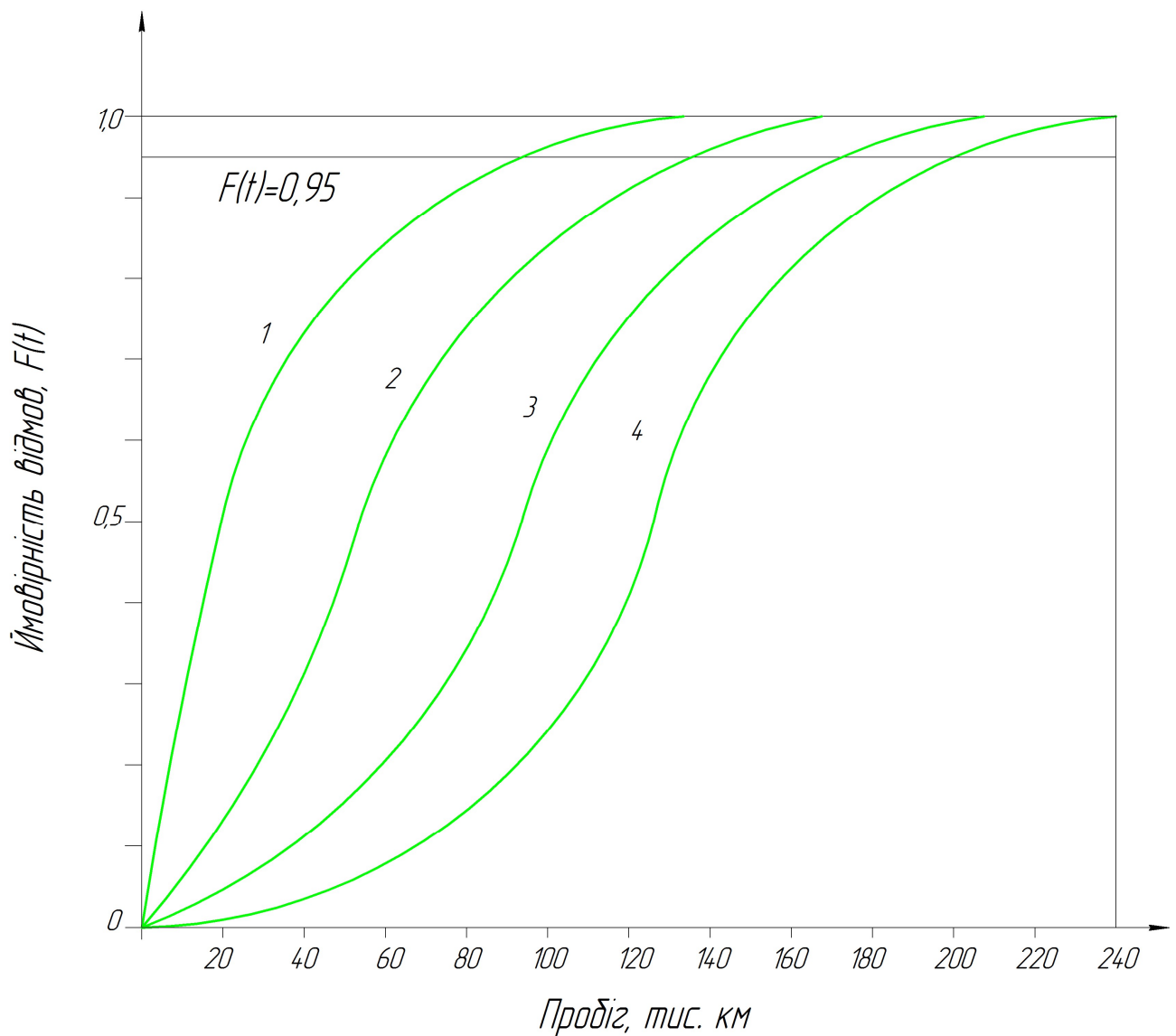
- навантаження на криворізьких рудниках через навантажувальні бункери або екскаваторами;
- на маршруті «Кривий Ріг – Ужгород» рух вагонів відбувався в завантаженому стані;
- розвантаження на Кошицькому комбінаті відбувалося за допомогою роторного вагоноперекидача;
- рух вагонів у зворотному напрямку відбувався в порожньому стані.

Маршрут пролягав Придніпровською, Одеською, Південно-Західною та Львівською залізницями і містив складний за планом і профілем колії Карпатський перевал. Довжина повного рейсу становила 2 700 км. Коефіцієнт порожнього пробігу – 0,5. За експертними оцінками, завантаженість вагонів маршруту в 1,2...1,5 разу перевищує середню загальномережеву завантаженість на магістральних дорогах колії шириною 1520 мм. Усі поїздки маршруту супроводжувалися бригадами досвідчених оглядачів вагонів і, у разі потреби, – співробітниками випробувальної лабораторії вагонів ДНУЗТ. Періодично в

рейсовий маршрут додавалася вагон-лабораторія для вимірювань необхідних динамічних параметрів під час руху. Діяла система інформації про виявлені під час перевезення відмови вагонів і система контролю їх усунення [101]. Перед початком експлуатаційних випробувань розробляється та затверджується у встановленому порядку програма та методика випробувань [135].

Зі складу маршруту випадковим чином було виділено 10 піввагонів для повного обміру ходових частин, автозчепів і п'ятникових вузлів з метою контролю зносів. Обміри виконувалися в середньому через кожні 12,5 тис. км пробігу під час планових комісійних оглядів після прибуття порожнього маршруту для чергового завантаження. Одночасно виконувався огляд технічного стану всіх піввагонів маршруту і, у разі потреби, додаткові контрольні вимірювання. Більшість обмірів виконувалися без відчеплення вагонів, а при проведенні кожного четвертого огляду (через кожні 45-50 тис. км пробігу) обирались 10 піввагонів, що направлялись на вагоноремонтне підприємство, де виконувалося піднімання і викатка візків для здійснення обмірів. Після огляду вагона на певному пробігу комісією встановлювався відсоток виконання технічного обслуговування (виконання та дотримання вимог інструкційних вказівок, технологічного процесу та інших нормативних документів). Зрозуміло, що після обслуговування цей показник теоретично становив 100 %, однак на практиці це не так, але це не контролюється належним чином. Після обслуговування вагони мають певний пробіг до відмови. Після виникнення будь-якої відмови встановлюється її причина. Потім встановлюють, якщо це стосується якості та обсягу ТО, відсоток виконання цього ТО.

Результати залежностей ймовірності відмов піввагонів від пробігу наведено на рис. 5.1.



1 – 70 %; 2 – 80 %; 3 – 90 %; 4 – 100 %

Рисунок 5.1 – Залежності ймовірності відмов піввагонів від пробігу при виконанні технічного обслуговування у вказаному обсязі

Графічні залежності підтверджують вплив технологічних помилок оглядачів вагонів під час виконання технічного обслуговування піввагонів, тобто бачимо, що обсяг виконаного технічного обслуговування впливає на подальшу експлуатацію піввагонів (пробіг без відмов) [168].

На рис. 5.2 наведено залежності тривалості відновлення працездатного стану піввагонів при відповідній кількості відмов. Статистичні дані щодо причини відмов були розділені на 2 групи.

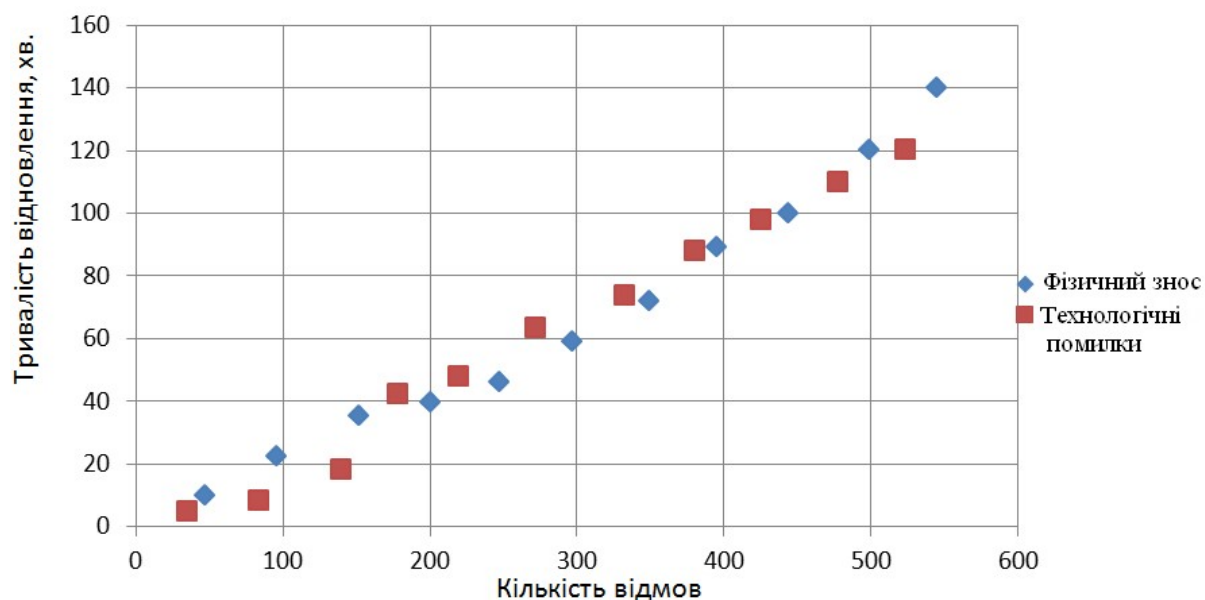


Рисунок 5.2 – Відмови та тривалість відновлення працездатного технічного стану піввагонів

Можна стверджувати, що вплив технологічних помилок оглядачів вагонів на кількість відмов піввагонів і на тривалість відновлення їх працездатного стану при проведенні ТО і ремонту є значним. Регресійні залежності для даних, вказаних на рис. 5.2. наведено на рисунку 5.3 та 5.4.

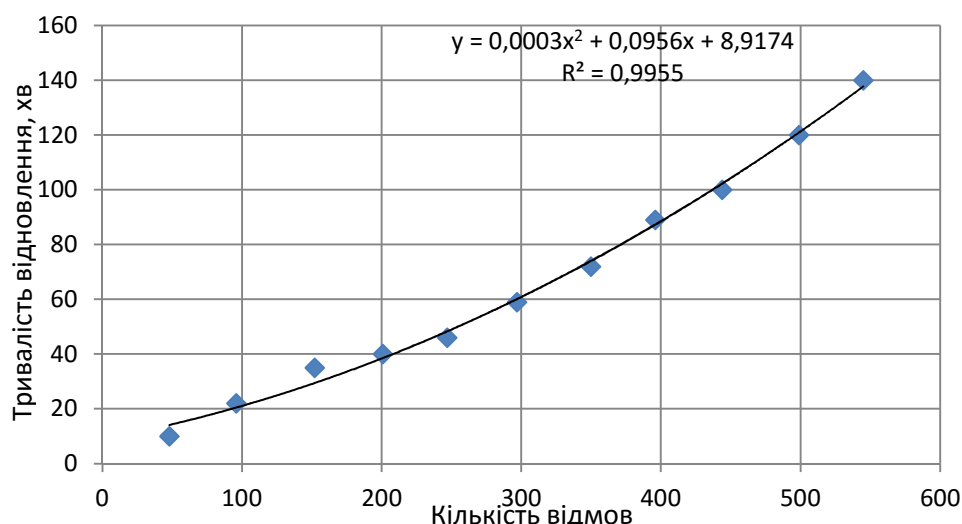
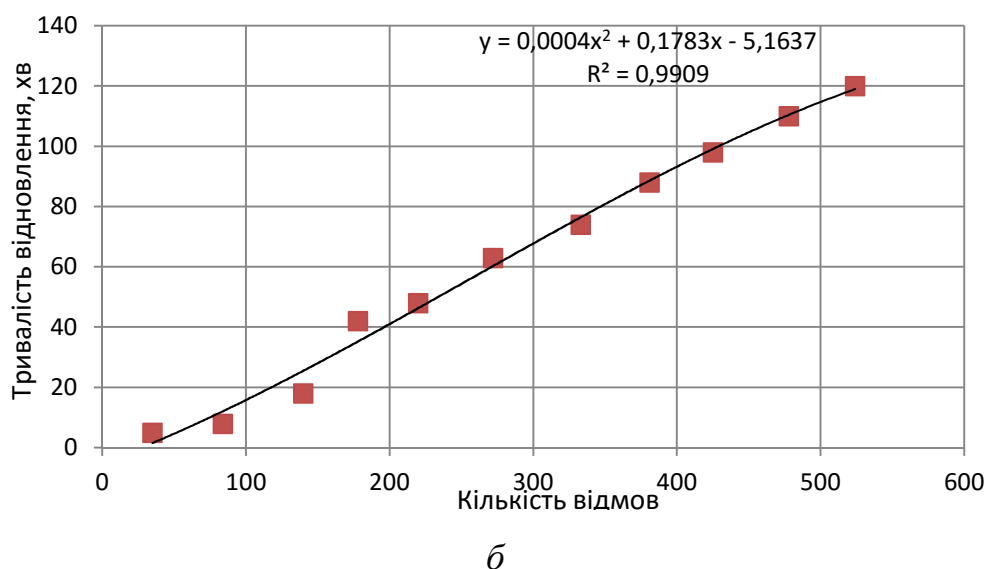


Рисунок 5.3 – Лінії регресійних залежностей тривалості відновлення працездатного технічного стану піввагонів і відмов через фізичний знос



Рисуюнок 5.4 – Лінії регресійних залежностей тривалості відновлення працездатного технічного стану піввагонів і відмов через технологічні помилки

Усі відмови мають випадковий характер, відповідно їх кількість і тривалість відновлення працездатного стану піввагонів також є випадковими величинами. Це дає можливість для застосування математичного апарату теорії ймовірностей.

Наведемо залежності ймовірності безвідмовної роботи для часу відновлення працездатного стану піввагонів (рис. 5.5). Тоді залежності ймовірності відмов піввагонів від часу відновлення працездатного стану піввагонів при виконанні ремонту будуть мати такий вигляд (рис. 5.6). Наведені залежності підтверджують значний вплив технологічних помилок оглядачів вагонів при виконанні ремонту піввагонів для відновлення їх працездатного стану, значення яких відрізняються у 38,6 %.

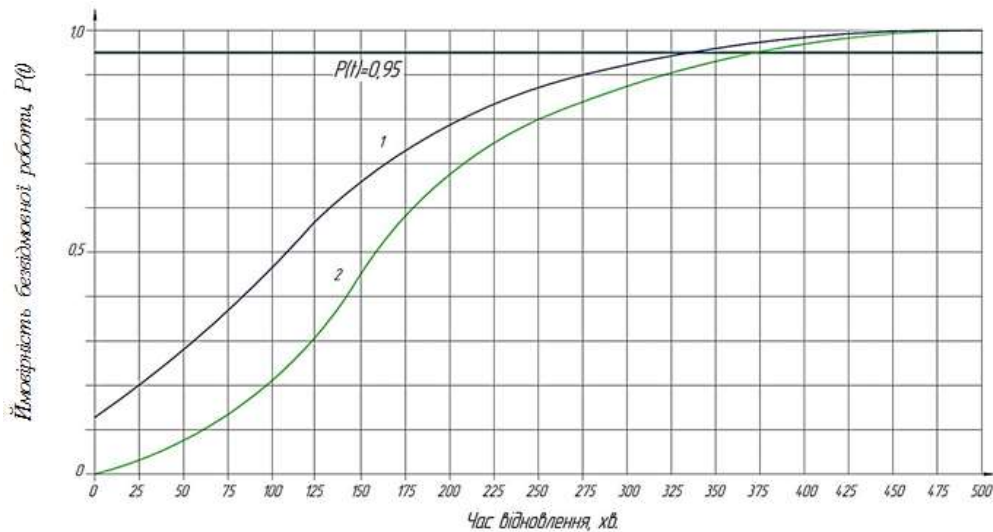


Рисунок 5.5 – Залежності ймовірності безвідмовної роботи для часу відновлення працездатного стану піввагонів для відмов через фізичний знос (1); технологічні помилки (2)

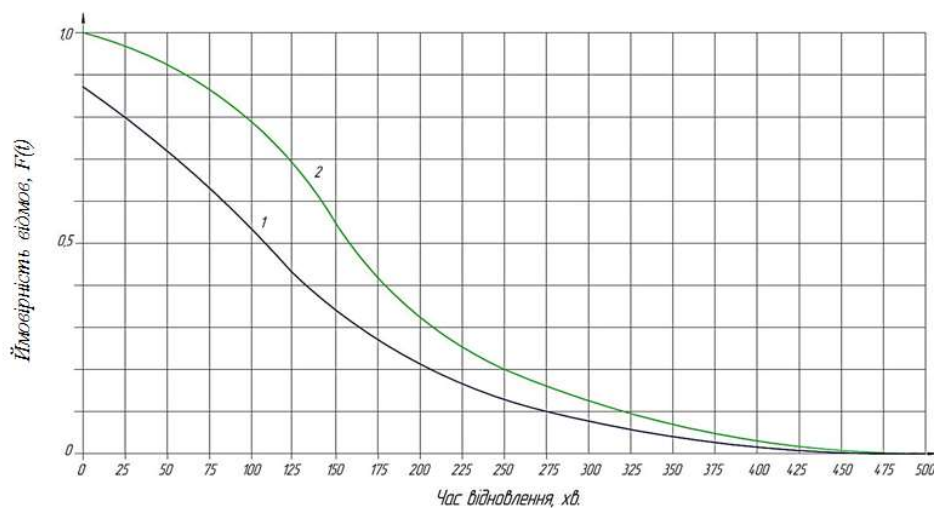


Рисунок 5.6 – Залежності ймовірності відмов піввагонів від часу відновлення працездатного стану піввагонів при виконанні ремонту для відмов через фізичний знос (1); технологічні помилки (2)

Оцінки точності математичної моделі оцінки міжремонтного ресурсу вантажного вагона та ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані від пробігу отриманої при вирішенні системи диференціальних рівнянь за розміченим графом технічного стану вантажного вагона (представленої у четвертому розділі) представлена на рис.5.7. Проведений аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень (рис. 5.7 суцільні лінії) та

теоретичних досліджень (рис. 5.7 пунктирна лінія) вказує, що розбіжність даних становить від 3 % до 8 %, що говорить про правильність математичної моделі.

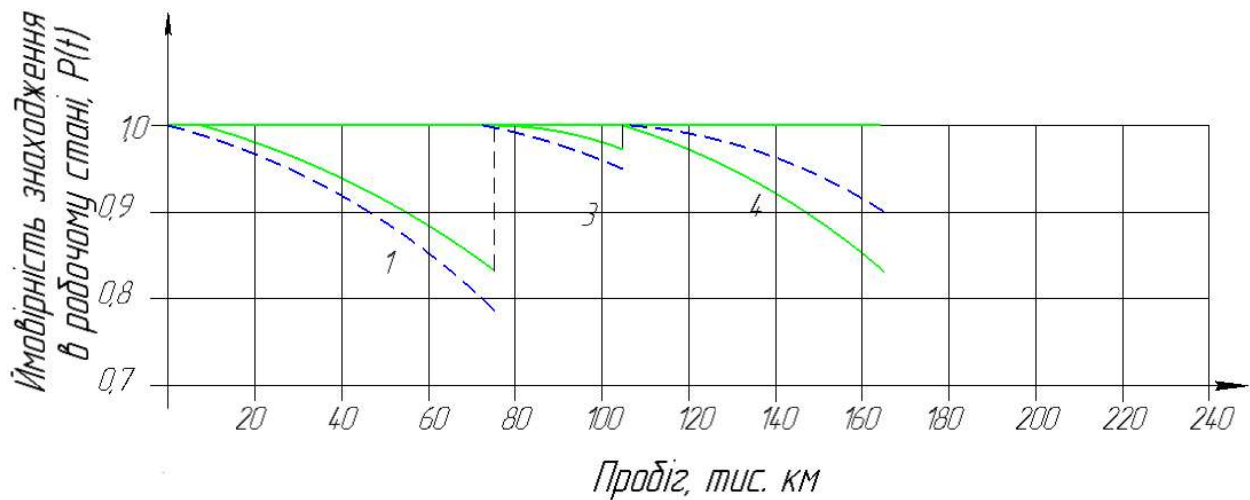


Рисунок 5.7 – Оцінки точності математичної моделі

5.2 Технічний стан вантажних вагонів у експлуатації при застосуванні індикаторного контролю граничних станів вузлів

При проведенні технічного обслуговування із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів піввагонів відбувається зниження впливу технологічних помилок оглядачів вагонів на технічний стан, а також знижується трудомісткість робіт.

Для випадку мінімального зниження впливу технологічних помилок при виконанні технічного обслуговування піввагонів із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів отримано зниження трудомісткості на 25 %. На рис. 5.8 наведено залежності ймовірності безвідмовної роботи для часу відновлення працездатного стану піввагонів із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів. На рис. 5.9 зображено залежності ймовірності відмов піввагонів від часу відновлення працездатного стану піввагонів при виконанні ремонту із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів.

Залежності, наведені на рис. 5.8 та 5.9, підтверджують зниження впливу технологічних помилок під час проведення технічного обслуговування

оглядачем чи слюсарем з ремонту вантажних вагонів із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів, оскільки криві 1 та 2 наближаються одна до одної – це за умови мінімального зниження трудомісткості на 25 % за песимістичним прогнозом. Якщо розглядати середньозважений прогноз, то криві 1 та 2 будуть збігатися, що підтверджує доцільність введення системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

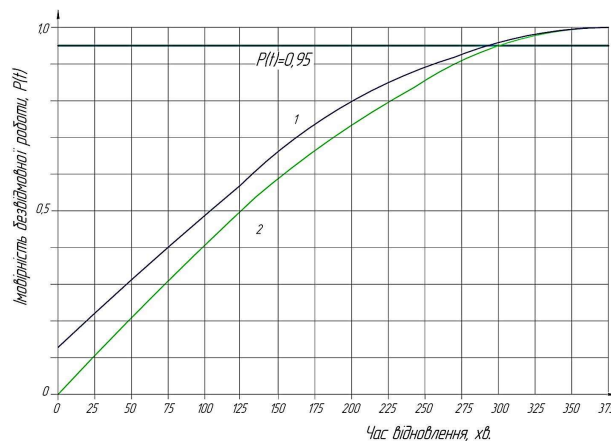


Рисунок 5.8 – Залежності ймовірності безвідмовної роботи для часу відновлення працездатного стану піввагонів із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів для відмов через фізичний знос (1); технологічні помилки (2)

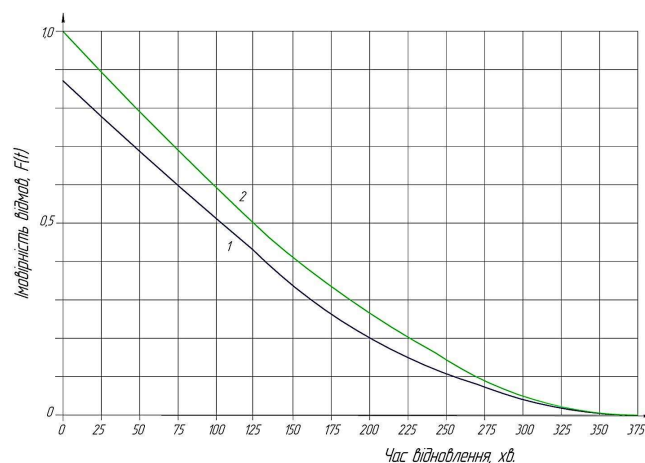


Рисунок 5.9 – Залежності ймовірності відмов піввагонів від часу відновлення працездатного стану піввагонів при виконанні ремонту із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів для відмов через фізичний знос (1); технологічні помилки (2)

Також наведемо залежність ймовірності відмов піввагонів від пробігу для системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів при песимістичному та середньозваженому прогнозам (рис. 5.10).

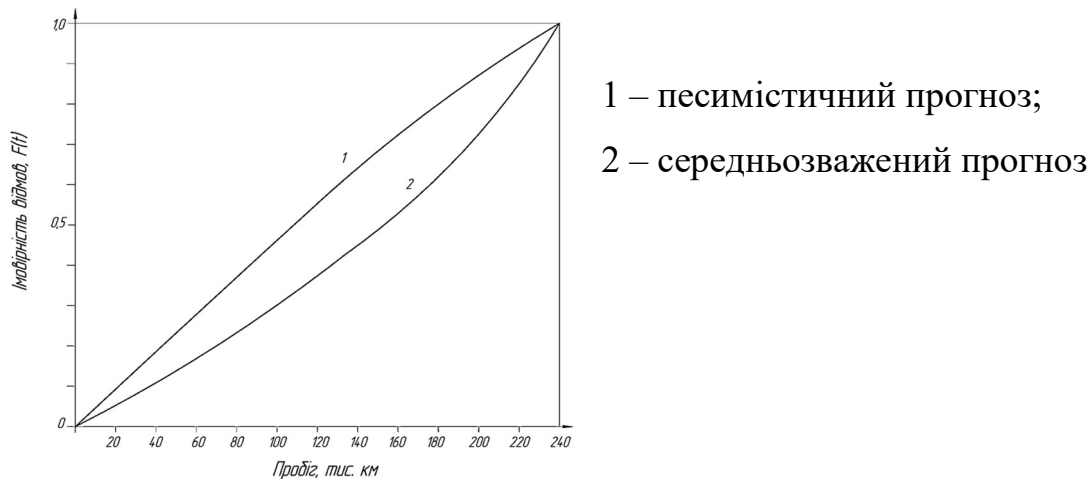


Рисунок 5.10 – Залежність ймовірності відмов піввагонів від пробігу для системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів

Із залежності, наведеної на рис. 5.10, випливає таке: ймовірність відмов піввагонів від пробігу для системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів знижується до 35 % за песимістичним прогнозом та до 49 % за середньозваженим прогнозом порівняно з ймовірністю відмов піввагонів для діючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

5.3 Система рівнів технічного стану вантажних вагонів

При впровадженні системи ремонту вантажних вагонів з урахуванням їх стану важливим є визначення такого порогового (граничного) технічного стану, при якому подальша експлуатація вагона з технічних або економічних причин недопустима, а вагон повинен бути вилучений з експлуатації та надійти в ремонт (ДР/КР).

У роботі [152] на основі експлуатаційної інформації про роботу відповідальних елементів конструкції з використанням методів теорії надійності пропонується у автоматичному режимі оцінювати залишкові терміни служби деталей вагона заданого віку з урахуванням ризику їх відмови. Оцінку залишкового терміну служби деталі пропонується формулювати і вирішувати в одиницях тонно-кілометрового напруцювання, проте існуюча галузева інформаційна система на сьогодні не дозволяє зібрати у повному обсязі такого роду статистичну інформацію. Запропонована в роботі [90] індивідуальна модель життєвого циклу вантажного вагона дозволить отримати достатній обсяг інформації про вагон в цілому та його окремі вузли на всьому життєвому циклі.

Для оцінки й прогнозування технічного стану бокових рам та надресорних балок візків вантажних вагонів може використовуватися акустико-емісійний метод неруйнівного контролю, який базується на випромінюванні пружних хвиль, що виникають у процесі перебудови внутрішньої структури твердих тіл. При цьому необхідно впливати на об'єкт контролю навантаженням, що викликає появу пружнопластичної деформації. При зростанні тріщини або будь-якого іншого дефекту виділяється енергія, яка поширюється по конструкції у вигляді хвиль напружень, які можна зареєструвати п'єзоелектричними перетворювачами [76].

У роботі [164] запропоновано оцінювати залишковий ресурс трибовузлів вантажного вагона, спираючись на системно-структурний аналіз за параметрами тертя. Як параметр стану в роботі пропонується розглядати коефіцієнт ефективності механічної системи, який характеризує величину енергії зовнішнього відносного руху (робота зовнішніх сил), що повертається назад цьому зовнішньому відносному руху, тобто величину сприяння руху:

$$\eta = 1 - \frac{A_{BO}}{A_p}, \quad (5.1)$$

де A_{BO} – робота виробничих опорів (робота зовнішніх сил);

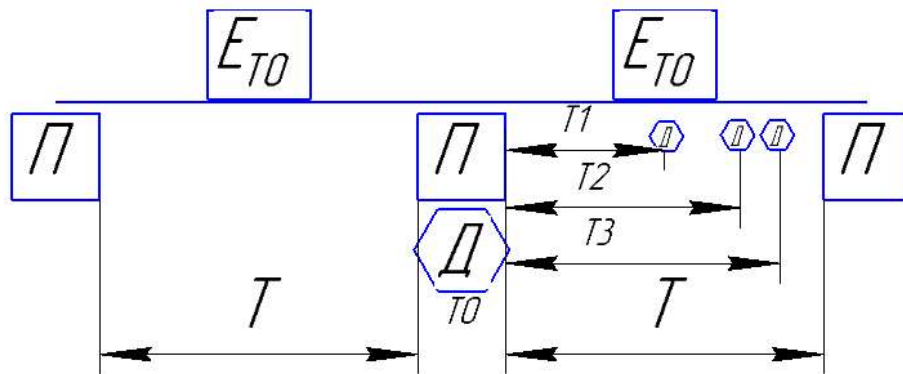
A_p – робота, що розвивається рушійними силами (величина сприяння руху). Використання цього коефіцієнта як критерію для оцінки залишкового ресурсу вузлів тертя дає можливість побудувати відповідну експертну систему й систему підтримки прийняття рішень.

Алгоритм оцінки технічного стану вагона такий: 1) після надходження вагона в ремонт чи діагностування і проведення інструментального контролю вузлів, що розташовані в трибоконтакті, проводиться оцінка стану енергетичного балансу його трибовузлів; 2) отримані результати направляються в експертну систему для оцінки поточного стану, де проходять порівняння з енергетичним балансом «ідеального» вагона; 3) у разі отримання негативного результату система визначає необхідність проведення ремонту окремих трибопар для їх відновлення до необхідних лінійно-геометричних розмірів, що дозволяють привести у відповідність енергетичну складову балансу всього вагона.

На жаль, поки що існуючі методи оцінки порогового стану вантажних вагонів і їх вузлів потребують вдосконалення та експериментальної перевірки, а їх впровадження має спиратися на дані, отримані під час діагностування вантажних вагонів, які перебувають у пороговому (граничному) стані або близькому до нього.

Для визначення порогового стану вантажних вагонів на початковій стадії впровадження концепції ремонту за станом пропонується виконувати комісійні діагностування вантажного вагона, у разі потреби із залученням сторонніх акредитованих у встановленому порядку організацій. За результатами діагностування повинні бути надані висновки про необхідність, обсяги проведення ремонту та можливість продовження терміну експлуатації вагона.

Термін проведення комісійного діагностування з метою продовження терміну експлуатації вагона пропонується поділити на три етапи, кожному з яких відповідають встановлені відмови вантажного вагона (табл.Г.1, Додаток Г). Запропонована схема оцінки стану вагона наведена на рис. 5.11.



Π – проходження ремонту в обсязі ДР/КР, або побудова (для нового вагону); E_{TO} – період експлуатації вагона; Δ – діагностування вагона; T – нормативно встановлений норматив між плановими ремонтами; T_0, T_1, T_2, T_3 – терміни діагностування вагона

Рисунок 5.11 – Схема оцінки технічного стану вантажного вагона

Відповідно до схеми рис. 5.11, побудований вагон або вагон, який пройшов ремонт (ДР/КР), надходить до експлуатації, де залежно від її умов та накопичених пошкоджень буде надходити до технічного обслуговування (ТО, ТОВ-1, ТОВ-2). При досягненні вагоном нормативно встановленого терміну надходження до планового ремонту (ДР або КР) проводиться діагностування вагона з метою визначення необхідності та обсягів ремонтних робіт (час T_0), за результатами якого визначається дійсний технічний стан вагона та приймається рішення щодо можливості продовження терміну його експлуатації або призначається проходження ремонту в обсязі ДР або КР. При позитивному рішенні після проведення необхідних ремонтних робіт вагон повертається до експлуатації. Наступні терміни проведення діагностування, визначені на основі дослідних даних та даних моделювання напрацювання вантажних вагонів на відмову [152, 164], пропонується встановлювати через 35 % (T_1), 60 % (T_2) та 80 % (T_3) часу від нормативно встановленого міжремонтного періоду. Кожному терміну діагностування (T_0 - T_3) відповідають свої критерії надходження в ремонт, які наведено в таблиці Г.2 Додатку Г. При значних пошкодженнях вагона після аварій, сходжень та інше діагностування з метою визначення

можливості продовження експлуатації може бути проведено в будь-який період життєвого циклу вагона. Встановлені критерії надходження вагона до ремонту та терміни проведення діагностування ($T0-T3$) повинні бути переглянуті після отримання достатньої кількості експериментальних даних.

На першому етапі впровадження такої системи пропонується встановити максимальний термін продовження терміну експлуатація вагона не більше одного міжремонтного періоду.

Застосування RFID систем для автоматичної ідентифікації вагона та його окремих складових у рамках впровадження нових концепцій системи технічного обслуговування та ремонту дозволить оглядачу вагонів швидко отримати інформацію про терміни та місця проведення ремонту або заміни елементів. Система RFID (Radio Frequency Identification) – це спосіб зберігання та передачі інформації з носія - мітки, за допомогою спеціальних зчитувальних пристроїв (рідерів). Система складається з трьох основних компонентів: зчитувача (рідера), мітки (транспондера) та комп'ютерної системи опрацювання даних. Ідентифікація окремих деталей та вузлів пасивними RFID-мітками, з занесенням та зберіганням даних в інформаційній базі, створить умови для переходу до нових систем технічного обслуговування та ремонту. Пристрої для зчитування можуть бути стаціонарними або мобільними. Переносні мобільні зчитувачі можуть використовуватися як у вагонних депо, так і оглядачами вагонів в умовах експлуатації, вони мають внутрішню пам'ять, в яку записуються дані з прочитаних міток [96].

У попередньому розділі запропонована система рівнів, що включає:

- рівень необхідності проведення технічного обслуговування;
- рівень необхідності проведення деповського ремонту;
- рівень необхідності проведення капітального ремонту.

Розглянемо, яким чином при існуючій стратегії технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів розподіляється вантажний парк АТ «Укрзалізниці» (вагони, введені в експлуатацію з 2007 року). Дані з розподілом за рівнями наведено на діаграмі (рис. 5.12).

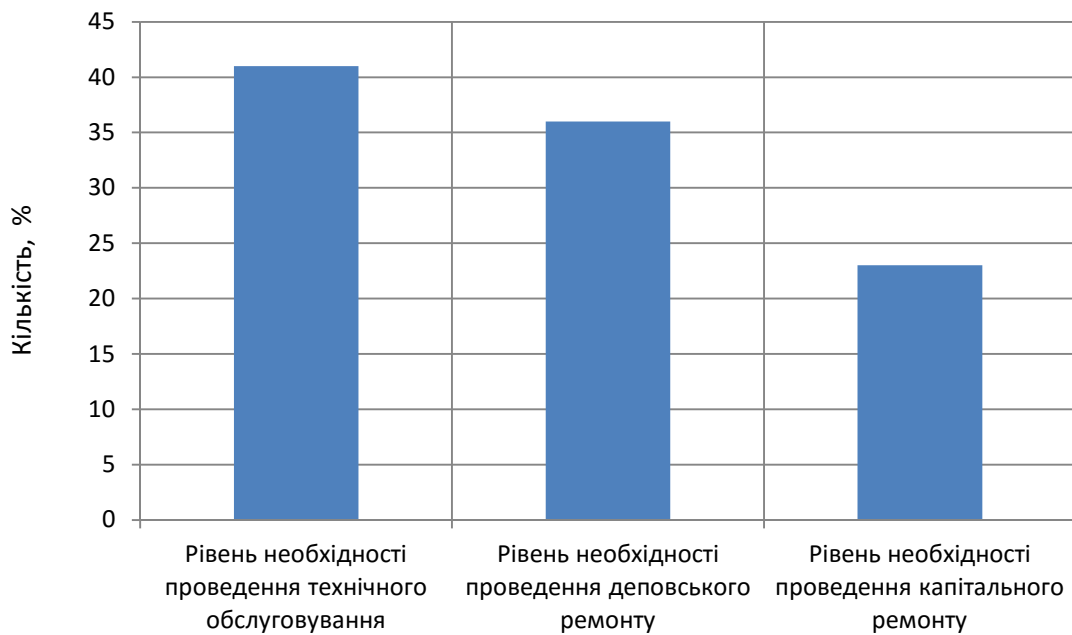


Рисунок 5.12 – Технічний стан вагонів вантажного парку АТ «Укрзалізниці», введених в експлуатацію з 2007 року, за рівнями

Комісійна оцінка технічного стану піввагонів різних виробників: КВБЗ, Азовмаш та інших, з метою визначення можливості продовження їх терміну експлуатації проводилася при надходженні вагонів до планового ремонту. До складу комісії входили представники ДНУЗТ, заводу-виробника та АТ «Укрзалізниця». Огляд вагонів проводився на Дарницькому ВРЗ, депо Слов'янськ, депо П'ятихатки та МВРП Вечірній Кут. Загалом проаналізовано результати огляду більше ніж 100 піввагонів різних виробників та моделей. У додатку Д наведені фото найбільш характерних несправностей, виявлених при комісійних оглядах піввагонів. Наведемо діаграму розподілу технічного стану вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів (рис. 5.13).

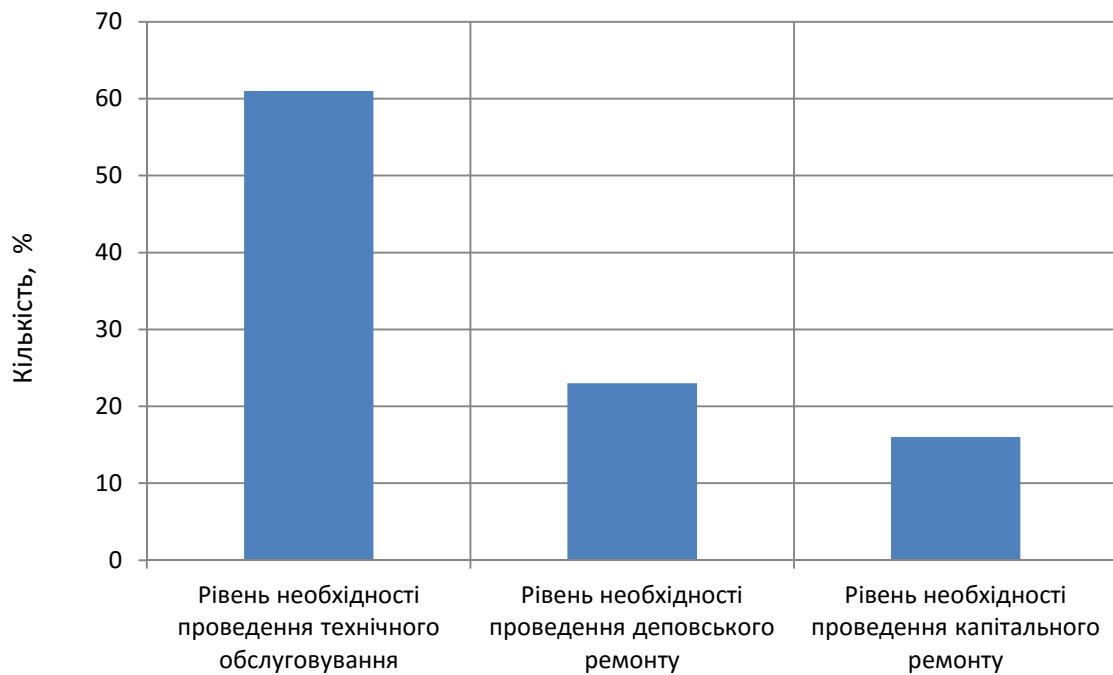


Рисунок 5.13 – Технічний стан вагонів вантажного парку АТ «Укрзалізниця», введених в експлуатацію з 2007 року при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю

Порівнюючи діаграми, наведені на рис 5.12 та 5.13, можна зробити висновок про перерозподіл технічних дій за рівнями. Так, при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів підвищується загальна потреба у виконанні технічного обслуговування вантажних вагонів на 33 %, при цьому відбувається одночасне зниження загальної потреби у деповському (на 36 %) та у капітальному (на 30 %) ремонті. Останнє вказує на доцільність переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

5.4 Експлуатаційні випробування коліс з профілем ДПТ-УЗ на візках моделі 18-100 і на візках з модернізацією С03-04 (А. Стакі)

Для проведення експлуатаційних випробувань в дослідному маршруті «Рокувата-Ужгород-Кошице» був сформований окремий дослідний маршрут, який складався з піввагонів з литими колесами американського виробництва і мав два види ходових частин [25, 97, 172]:

- візки моделі 18-100 без модернізації, профіль коліс ДПТ-УЗ (44 колісні пари);
- візки моделі 18-100 з модернізацією С03-04, профіль коліс ДПТ-УЗ (92 колісні пари).

За час випробувань пробіг піввагонів склав близько 194 тис. км до першого деповського ремонту і, відповідно, до першого обточування колісних пар по колу кочення. За результатами обробки експериментальних даних були отримані значення зміни середньої товщини гребенів в залежності від пробігу, інтенсивності зносу коліс до і після обточування (наведені в Додатку Е, рис. Е.1 – Е.8). Для визначення прогнозованого пробігу коліс до мінімальної товщини на графіках застосована інтерполяція результатів у вигляді лінійної залежності. Використання інтерполяції результатів викликано обмеженням за часом експлуатаційних випробувань відповідно до умов проведення науково-дослідницької роботи.

У вагонів на модернізованих візках (модернізація С 03-04) з профілем ДПТ-УЗ в результаті зносу середня товщина гребеня орієнтовно досягне граничного значення (25 мм) через 325 тис. км після початку експлуатації до першого обточування (Додаток Е, рис. Е.1). Інтенсивність зносу на початку пробігу до 40 тис. км складає 0,62 мм / 10 тис. км, а потім - поступово зменшується до 0,26 мм / 10 тис. км (Додаток Е, рис. Е.2). Прогнозований пробіг, для колеса після обточування, складе близько 4, 40 тис. км, (Додаток Е, рис. Е.3). Інтенсивність після обточування спочатку складе 0,97 мм / 10 тис.км,

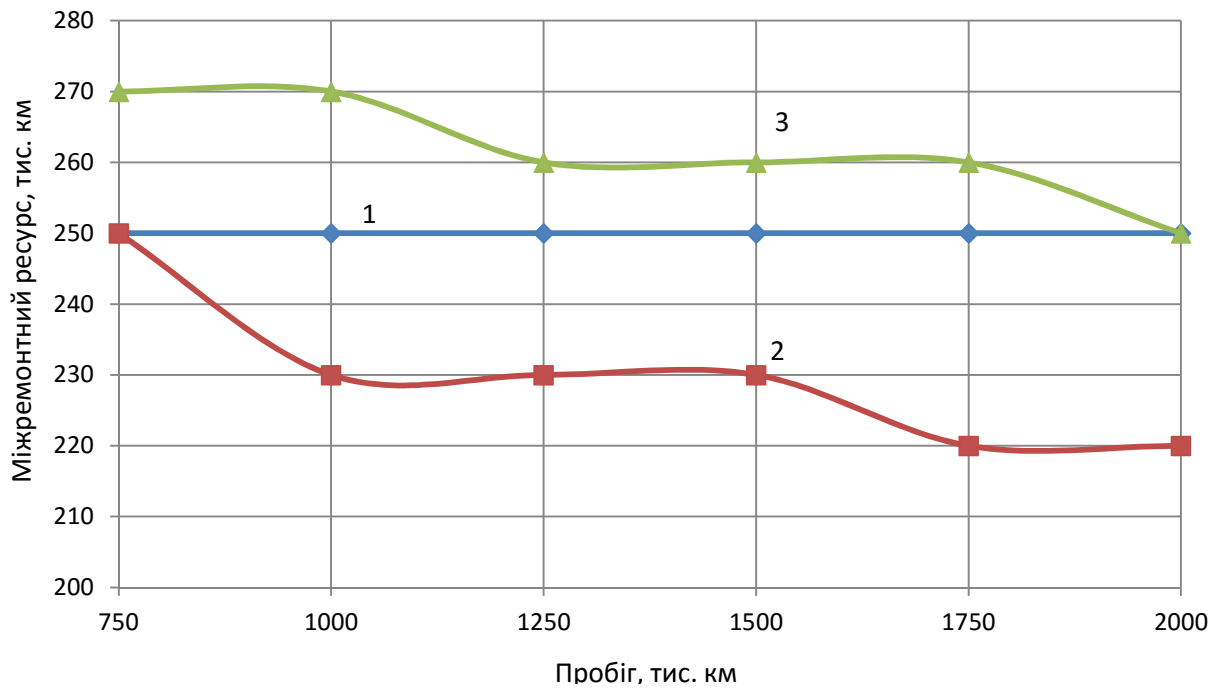
а після 60 тис. км пробігу буде становити 0,52 мм / 10 тис. км, а при 120 тис. км – зменшиться до 0,33 мм / 10 тис. км. (Додаток Е, рис. Е.4).

Знос товщини гребеня до першого обточування для вагонів на типових візках моделі 18-100 з профілем ДПТ-УЗ представлений в додатку Е, рис. Е.5. Прогнозований пробіг становить 230 тис. км, а інтенсивність зносу при пробігу 83 тис. км складає 0,43 мм / 10 тис. км (Додаток Е, рис. Е.6). Прогнозований розрахунковий граничний пробіг коліс після обточування, складе 305 тис. км (Додаток Е, рис. Е.7), а інтенсивність при пробігу 150 тис. км буде становити 0,33 мм / 10 тис. км (Додаток Е, рис. Е.8).

За результатами досліджень можна зробити висновки про те, що застосування профілю ДПТ-УЗ при модернізації візків є ефективним і приводить до зниження зносу гребенів коліс. На візках без модернізації та профілем ДПТ-УЗ інтенсивність зносу гребенів при пробігу 100 тис. км досягає 0,43 мм на 10 тис. км. пробігу, а на візках з модернізацією А. Стакі (США) і профілем ДПТ-УЗ при пробігу 100 тис. км – 0,39 мм на 10 тис. км. Граничне значення товщини гребеня в типових візках 18-100 досягається, в середньому, через 230-305 тис. км пробігу, а на модернізованих візках – 325-440 тис. км пробігу. Таким чином, у модернізованих візків з профілем ДПТ-УЗ, з ковзунами постійного контакту, знос гребеня на 29 – 31 % менше, ніж у типових візках моделі 18-100 з типовими ковзунами. Проведені випробування підтверджують, що істотне зниження зносу гребеня колеса дає саме модернізація візка.

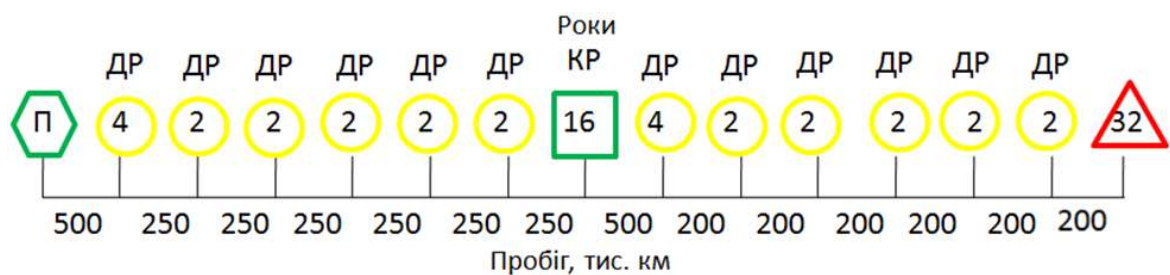
5.5 Порівняння міжремонтного ресурсу вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом

Для порівняння міжремонтного ресурсу вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів, наведемо на прикладі піввагона 12-7023 графічні залежності ресурсу від пробігу (рис. 5.14). Для цієї моделі піввагона встановлена така періодичність ремонту (рис. 5.15).



1 – нормативно встановлені значення при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту; 2 – експлуатаційні дані в існуючій системі технічного обслуговування та ремонту; 3 – при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів

Рисунок 5.14 – Міжремонтний ресурс піввагона моделі 12-7023 залежно від пробігу



П – побудова, ДР – депо́вський ремонт, КР – капіта́льний ремонт; В – виключення

Рисунок 5.15 – Структура ремонту піввагона 12-7023

З рис. 5.14 можна зробити такі висновки: міжремонтний ресурс піввагона 12-7023 залежно від пробігу в реальних експлуатаційних умовах нижче до 12 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі

технічного обслуговування та ремонту. Навіть при песимістичному прогнозі у випадку переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів значення міжремонтного ресурсу для піввагона 12-7023 вище до 7,4 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту та на 7,4...15,4 % порівняно з міжремонтним ресурсом піввагона для реальних експлуатаційних умов.

5.6 Техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів

Обґрунтування економічної ефективності запропонованих рішень базується на концепції вартості життєвого циклу вагона та визначається для піввагона 12-7023.

Визначення вартості життєвого циклу виробу ґрунтується на розумінні життєвого циклу як сукупності взаємопов'язаних процесів послідовної зміни стану виробу від дослідження до припинення його експлуатації та утилізації. При цьому елемент вартості життєвого циклу виробу розуміється як фінансовий еквівалент витрат, пов'язаних з певним процесом його життєвого циклу, сукупність поточних вартостей яких формує вартість життєвого циклу виробу [53, 54].

Тобто вартість життєвого циклу виробу (міжнародне позначення – Life Cycle Cost, або LCC) – це поточна вартість сукупності витрат, пов'язаних із життєвим циклом виробу.

Таким чином, методично визначення вартості життєвого циклу виробу ґрунтується на дисконтуванні прогнозних величин елементів життєвого циклу за період, що дорівнює тривалості життєвого циклу. При цьому дисконтування – це процес визначення поточної вартості грошового потоку. А під поточною вартістю грошового потоку розуміється грошова сума, інвестування якої у

встановлений, як правило поточний, момент часу з визначеною нормою доходу на інвестований капітал забезпечить накопичення еквівалентної грошовому потоку за часом та величиною суми грошей [39].

Життєвий цикл виробу включає три етапи. Перший етап передбачає дослідження та формування вихідних вимог до виробу, науково-дослідні, дослідно-конструкторські та проектні роботи з розробки виробу та його випробування тощо. Другий етап – це експлуатація виробу замовником. Третій етап – це вибуття виробу з експлуатації та його утилізація. Витрати першого етапу життєвого можуть виробником цілком відноситись до ціни виробу. Тому з позиції замовника елементами життєвого циклу є витрати другого та третього етапів життєвого циклу [39].

Елементи життєвого циклу виробу в галузі машинобудування включають такі складові [39, 85]:

- ціна придбання виробу;
- супутні капітальні витрати, необхідні для введення виробу в експлуатацію;
- витрати, пов'язані з плановим видами ремонту та модернізації виробу;
- витрати, пов'язані з відновленням працездатності виробу у випадку відмови;
- поточні витрати на утримання виробу в технічно справному стані;
- поточні витрати, пов'язані з експлуатацією виробу;
- витрати на ліквідацію (утилізацію) виробу, зменшені на очікувані доходи від ліквідації (утилізації) (можуть мати від'ємну величину).

Процес дисконтування елементів життєвого циклу виробу вимагає встановлення ставки дисконту. Ставка дисконту – це норма доходу на капітал, що використовується для дисконтування. Ставка дисконту визначається замовником виробу як мінімальна прийнятна норма доходу на капітал, що інвестується в придбання виробу.

Елементи життєвого циклу можуть бути визначені в прогнозних або базисних цінах (рівень цін фіксується на певний момент часу, як правило

поточний). При використанні прогнозних цін дисконтування здійснюється за номінальною ставкою дисконту, яка містить інфляційну складову. При використанні базисних цін дисконтування здійснюється за реальною ставкою дисконту, з якої вилучена інфляційна складова [39].

Якщо замовником не визначена ставка дисконту, номінальна ставка дисконту може бути визначена як [39]:

- середня норма доходу на капітал у сфері економічної діяльності, у якій діє замовник;

- середня ставка процентів за довгостроковими депозитами в національній валюті (за даними Національного банку України), збільшена на премії за відмінність у рівні ліквідності та рівні ризику інвестування в придбання виробу та названий депозит;

- іншим обґрунтованим способом.

Реальна та номінальна ставки дисконту пов'язані відомою залежністю [14]:

$$R_p = \frac{R_n - i}{1 + i}, \quad (5.2)$$

де R_p – реальна ставка дисконту, частка;

R_n – номінальна ставка дисконту, частка;

i – темп інфляції, частка.

При визначенні LCC для порівняння виробів використовуються, як правило, однакові умови щодо рівня цін та ставки дисконту. Відмінність у названих умовах потребує додаткового обґрунтування. Обґрунтуванням різної величини ставки дисконту при порівнянні виробів може бути різниця в рівні ризикованості інвестицій у придбання названих виробів, викликана різницею в показниках надійності виробів як технічних систем або іншими причинами.

Вартість життєвого циклу визначається як сума поточних вартостей елементів життєвого циклу виробу. У загальному випадку вартість життєвого циклу виробу визначається за формулою [39]:

$$LCC = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+R)^{t_i}}, \quad (5.3)$$

де LCC – вартість життєвого циклу виробу, грн;

C_i – i -й елемент життєвого циклу виробу;

t_i – тривалість періоду часу від моменту, на який здійснюється дисконтування (як правило, поточний момент часу), до моменту виникнення i -го елемент життєвого циклу виробу, років;

R – ставка дисконту (річна норма доходу), частка;

I – кількість елементів життєвого циклу виробу.

Якщо поточний момент часу, на який здійснюється дисконтування, збігається з моментом придбання виробу, а поточні витрати, пов'язані з експлуатацією виробу, та поточні витрати на утримання виробу в технічно справному стані, сталі в часі, формула (5.2) набуває вигляду:

$$LCC = \left[\begin{aligned} &C_{\text{цін}} + \frac{C_{\text{суп}}}{(1+R)^{t_{\text{суп}}}} + \sum_j \frac{C_{\text{рем.пл.}j}}{(1+R)^{t_j}} + \sum_j \frac{C_{\text{рем.відм.}j}}{(1+R)^{t_j}} + \\ &+ (C_{\text{екс}} + C_{\text{утр}}) \cdot \frac{1 - (1+R)^{-T}}{R} + \frac{C_{\text{лік}}}{(1+R)^T} \end{aligned} \right], \quad (5.4)$$

де $C_{\text{цін}}$ – ціна придбання виробу, грн;

$C_{\text{суп}}$ – супутні капітальні витрати, що необхідні для введення виробу в експлуатацію, грн;

$C_{\text{рем.пл.}j}$ – витрати, пов'язані з плановим видами ремонту та модернізації виробу, грн;

$C_{\text{рем.відм.}j}$ – витрати, пов'язані з відновленням працездатності виробу у випадку відмови, грн;

t_j – період часу до відповідного ремонту, років;

$C_{екс}$ – середні річні поточні витрати, пов’язані з експлуатацією виробу, грн/рік;

$C_{утр}$ – середні річні поточні витрати на утримання виробу в технічно справному стані (технічне обслуговування, поточні ремонти тощо), грн/рік;

$C_{лік}$ – витрати на ліквідацію виробу, зменшені на очікувані доходи від ліквідації, грн;

T – тривалість життєвого циклу виробу, років.

Критерієм відбору є найменша величина вартості життєвого циклу виробу за умови її визначення для однакового періоду дисконтування, в однаковому рівні цін, як правило, за умови рівності ставки дисконту та забезпечення порівнянності за продуктивністю виробів, що розглядаються. Якщо не забезпечується порівнянність за названими умовами, порівняння за показником LCC не забезпечує відбору найбільш ефективного варіанта [39].

Якщо тривалість життєвого циклу виробів, що розглядаються, є різною, порівнянності за періодом дисконтування можна досягти порівнянням поточної вартості життєвих циклів, що повторюються у періоді часу, який дорівнює найменшому спільному кратному тривалості життєвих циклів виробів, що розглядаються. Тобто застосовується формула [39]:

$$LCC_{кр.k} = LCC_k \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-T_{HCK}}}{1 - (1 + R)^{-T_k}}, \quad (5.5)$$

де $LCC_{кр.k}$ – спільна вартість життєвих циклів k -го виробу за період, що дорівнює найменшому спільному кратному тривалості життєвих циклів виробів, які порівнюються, грн;

LCC_k – вартість одного життєвого циклу k -го виробу, грн.;

T_k – тривалість життєвого циклу k -го виробу, років;

T_{HCK} – найменше спільне кратне тривалості життєвих циклів виробів, які

порівнюються, років.

Оскільки економічний ефект запропонованих заходів визначається різницею у вартостях життєвого циклу, елементами життєвого циклу піввагона є витрати на його придбання, проведення ремонтів та утилізацію. Інші витрати, пов'язані з життєвим циклом піввагона, при розрахунку вартості життєвого циклу не враховуються, оскільки можуть вважатись однаковими за варіантами, і на різницю у вартостях життєвих циклів не впливають.

Тривалістю життєвого циклу піввагона без використання запропонованих заходів є його нормативний термін служби – 22 роки. При цьому тривалість ремонтного циклу за капітальним ремонтом досягає 11 років. За рахунок запропонованих заходів очікується підвищення тривалості ремонтного циклу піввагона за капітальним ремонтом до 13 років, а загального терміну служби – до 26 років.

Ціна нового піввагона становить 830 тис. грн без ПДВ. Середня вартість деповського ремонту досягає 27 тис. грн, а капітального ремонту – 52,5 тис. грн. Вартість ліквідації піввагона визначається виходячи з його маси тари (22 т) та середньої ціни брухту чорних металів (4,5 тис. грн без ПДВ).

Ставка дисконту визначається з використанням моделі оцінки капітальних активів (β -метод) [13, 85] як вартість капіталу, інвестованого у сферу економічної діяльності «Транспорт».

Коефіцієнт ризикованості β визначається як відношення коваріації дохідності інвестиційного активу, що досліджується, та дохідності ринку капіталу.

Як вимірник дохідності інвестицій використовується рентабельність власного капіталу великих та середніх підприємств по Україні в цілому (вимірник дохідності ринку капіталу) та сфери економічної діяльності «Транспорт» (вимірник дохідності інвестиційного активу). Відомості щодо чистого прибутку та власного капіталу наведені в табл. Ж.1 додатка Ж (Державна служба статистики України: офіційний веб-сайт [50]).

За даними табл. Ж.1 додатка Ж визначено коваріацію рентабельностей (55,7) та дисперсію дохідності ринку (155,4). Таким чином, коефіцієнт β для інвестицій в сферу економічної діяльності «Транспорт» досягає

$$\beta = \frac{55,7}{155,4} = 0,358.$$

Як базова ставка використовується норма доходу на інвестиції з мінімальним ризиком – процентна ставка за довгостроковими депозитами суб'єктів господарювання на березень 2018 року [113] – 17,2%.

Дохідність фондового ринку на поточний момент часу визначається як середня дохідність фондового індекса UX (індекс українських акцій) за один рік (10.03.2017 по 10.03.2018). Величина індексу на початок періоду становила 676,87, на кінець періоду – 941,18. Норма доходу за рік дорівнює

$$R_m = \frac{941,18 - 676,87}{676,87} \cdot 100 = 39,05\%.$$

Таким чином, номінальна ставка дисконту до оподаткування становить:

$$R = R_b + \beta \cdot (R_m - R_b) = 17,2 + 0,358 \cdot (39,05 - 17,2) = 25,0\%.$$

При прогнозуванні витрат використана концепція базисних цін, тому для дисконтування застосовується реальна ставка дисконту. Прогнозний темп інфляції досягає 8,1% [157]. Таким чином, реальна ставка дисконту, що застосовується для визначення вартості життєвого циклу, дорівнює:

$$\frac{25,0 - 8,1}{1 + 0,081} = 15,6\%.$$

Визначення поточної вартості витрат виконано в табл. Ж.2 додатка Ж.

Тривалість життєвого циклу піввагона за варіантами, що розглядаються, відрізняється, що вимагає застосування коригування, яке визначається за формулою (5.4). Таким чином, вартість життєвого циклу піввагона становить:

без використання запропонованих заходів:

$$LCC_{кр.к}^{\bar{бз}} = LCC_k \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-T_{НСК}}}{1 - (1 + R)^{-T_k}} = 893 \cdot \frac{1 - (1 + 0,156)^{-286}}{1 - (1 + 0,156)^{-22}} =$$

$$= 893 \cdot 1,0430 = 931,4 \text{ тис. грн.}$$

за умови використання запропонованих заходів:

$$LCC_{кр.к}^{зз} = LCC_k \cdot \frac{1 - (1 + R)^{-T_{НСК}}}{1 - (1 + R)^{-T_k}} = 897 \cdot \frac{1 - (1 + 0,156)^{-286}}{1 - (1 + 0,156)^{-26}} =$$

$$= 897 \cdot 1,0236 = 918,2 \text{ тис. грн.}$$

$$LCC_{кр.к}^{\bar{бз}} - LCC_{кр.к}^{зз} = 931,4 - 918,2 = 13,2 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів за песимістичним прогнозом можна досягти зменшення вартості життєвого циклу піввагона 12-7023 на 13,2 тис. грн.

Висновки до розділу 5

У розділі наведено результати експериментальних досліджень при переході на систему технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

Експлуатаційні дослідження піввагонів підтвердили вплив технологічних помилок під час виконання оглядачами та слюсарами технічного обслуговування та ремонту за діючою системою. Показано, що обсяг робіт з

технічного обслуговування впливає на подальшу експлуатацію піввагонів (пробіг без відмов). Залежно від впливу технологічних помилок, кількість відмов та ймовірність безвідмовної роботи при відновленні працездатного стану вантажних вагонів досягає 38,6 %.

Доведено, що в разі застосування індикаторного контролю граничних станів вузлів піввагонів під час проведення технічного обслуговування та ремонту відбувається зменшення впливу технологічних помилок на їх технічний стан навіть за песимістичним прогнозом, а також знижується трудомісткість робіт.

Проведений аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень та теоретичних досліджень вказує, що розбіжність даних становить від 3 % до 8 %, що говорить про правильність математичної моделі.

Наведені залежності ймовірності відмов піввагонів від пробігу для системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів показали, що ця ймовірність знижується до 35 % за песимістичним прогнозом та до 49 % за середньозваженим прогнозом порівняно з ймовірністю відмов піввагонів для діючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

Для порівняння запропонованої системи рівнів наведено дані щодо розподілу технічного стану вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів. При цьому загальний обсяг робіт з виконання технічного обслуговування вантажних вагонів зростає на 33 % з одночасним зниженням загального обсягу робіт з деповського (на 36 %) та з капітального (на 30 %) ремонту. Останнє вказує на доцільність переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

Граничне значення товщини гребеня коліс з профілем ДПТ-УЗ в типових візках 18-100 досягається, в середньому, через 230-305 тис. км пробігу,

а в модернізованих візках за технологією А. Стакі – 325-440 тис. км пробігу. Таким чином, у модернізованих візків з профілем ДПТ-УЗ, з ковзунами постійного контакту, знос гребеня на 29 – 31 % менше, ніж у типових візках моделі 18-100. Проведені випробування підтверджують, що істотне зниження зносу гребеня колеса дає саме модернізація візка.

Міжремонтний ресурс піввагона моделі 12-7023 залежно від пробігу в реальних експлуатаційних умовах виявився нижчим до 12 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту. Навіть за песимістичним прогнозом в разі переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів значення міжремонтного ресурсу для піввагона 12-7023 вище до 7,4 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту й на 7,4...15,4 % порівняно з міжремонтним ресурсом піввагона для реальних експлуатаційних умов.

Крім того, виконано техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів. Виявлено, що при такому переході за песимістичним прогнозом можна досягти зменшення вартості життєвого циклу одного піввагона 12-7023 на 13,2 тис. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є закінченою науковою працею, яка містить отримані автором науково обґрунтовані результати. У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання з підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. Загалом по роботі можна зробити такі висновки:

- виконаний аналіз технічного стану вантажних вагонів та системи технічного обслуговування та ремонту показав, що питання оцінки надійності та вдосконалення системи ТОіР вантажних вагонів є актуальним, а його вирішення складним і таким, що вимагає комплексного підходу;

- методологічні засади забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів пов'язані з науковим обґрунтуванням вибору стратегії технічного обслуговування та ремонту, яка враховує фактичний стан вагона, повинна ґрунтуватись на його конструктивних особливостях з підтриманням показників надійності вагона у встановлених межах та бути економічно вигідною;

- розроблено критерії оцінки технічного стану при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів. Заміна інструментального контролю на індикаторний дозволяє скоротити час технічного обслуговування вагонів.

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень процесу зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації:

- запропоновано метод оцінки дефектності вузлів вантажних вагонів на основі моделі розвитку ситуації для випадку критичного дефекту, що дозволяє підвищити їх надійність та безпеку руху. У розробленій моделі показано три можливі стани: працездатний та обмежено працездатний, непрацездатний і аварійний. Для кожного вихідного стану характерний розвиток подій, що пов'язаний з помилками проектувальників, з дефектами при виготовленні

деталей та вузлів і технологічними помилками при технічному обслуговуванні вагона. Значення граничного рівня дефектності дозволяє на різних стадіях життєвого циклу вагона оцінити можливі прояви зниження ймовірності безвідмовної роботи в процесі експлуатації.

– розроблено математичну модель оцінки міжремонтного ресурсу вантажного вагона, що дозволяє визначити його ресурс з урахуванням дотримання технології технічного обслуговування вагона в експлуатації. Ймовірність перебування вантажного вагона на відповідній стадії життєвого циклу визначається його попереднім технічним станом, а загальна величина сукупності всіх можливих станів складається з ланцюга Маркова для випадкових процесів з випадковими станами і безперервним потоком часу. Використавши вираз для знаходження ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані отриманого на основі розміченого графу технічного стану вантажного вагона, уточнено вираз для коефіцієнта технічної готовності вагонного парку.

– набув подальшого розвитку метод порівняння систем технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів за існуючою технологією і за технічним станом, що, на відміну від існуючого, містить параметри, режими й враховує порушення технології виконання робіт з технічного обслуговування вантажного вагона;

– набув подальшого розвитку метод оцінки якості показника безпеки руху, що містить поправний коефіцієнт, який визначається відношенням ймовірності перебування вантажного вагона в робочому стані й проектною ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона на відповідному відрізку часу, що, на відміну від існуючого, дозволяє виконати оцінку рівня безпеки руху при переході від існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів до системи за технічним станом.

– виконані експериментальні дослідження процесу зміни технічного стану вантажних вагонів у експлуатації показали, що при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням

індикаторного контролю граничних станів вузлів на 33 % зростає загальна потреба у виконанні технічного обслуговування вантажних вагонів з одночасним зниженням загальної потреби у деповському (на 36 %) та капітальному (на 30 %) ремонті. Виявлено, що міжремонтний ресурс піввагона моделі 12-7023 залежно від пробігу в реальних експлуатаційних умовах виявився нижчим до 12 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту. В разі переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів значення міжремонтного ресурсу для піввагона моделі 12-7023 вище до 7,4 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту й на 7,4...15,4 % порівняно з міжремонтним ресурсом піввагона для реальних експлуатаційних умов.

– виконане техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів показало доцільність такого переходу, що підтверджується зменшенням вартості життєвого циклу піввагона моделі 12-7023 на 13,2 тис. грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Автоматизация систем для измерения толщины тормозных колодок дисковых тормозов // Железнодорожный транспорт за рубежом. Серия II. Подвижной состав. Локомотивное и вагонное хозяйство. Москва: ЭИ ЦНИИТЭН МПС, 1998. Реф.35. С. 36–37.
2. Американская железнодорожная энциклопедия. Тепловозы, электровозы, турбовозы, ремонтные мастерские, депо / под ред. А. В. Сломьянского. Москва: Трансжелдориздат, 1960. 304 с.
3. Американский эксперт «Культуру обращения с вагонами надо менять» // Магістраль. 2017. 13-19 грудня. С. 32
4. Аналіз стану безпеки руху на регіональній філії «Придніпровська залізниця» за 2017 рік / Розроблено Апаратом безпеки руху поїздів і автотранспорту регіональної філії «Придніпровська залізниця» Департаменту безпеки руху ПАТ «Укрзалізниця». Дніпро, 2017. 89 с.
5. Антонов Ю. Ф., Зайцева А. А. Магнитолевитационная транспортная технология / под ред. В. А. Гапановича. Москва : Физматлит, 2014. 476 с.
6. Бабаєв А. М., Довганюк С. С., Шапошник В. Ю. Утримання рухомого складу залізниць на стоянках : монографія. Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. 144 с.
7. Бабаєв А. М., Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Удосконалення вузла передачі стоянкового гальма вантажного вагона // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2013. Вип. 139. С. 11–16.
8. Бабаєв А. М., Шапошник В. Ю. Візуальний контроль граничних зносів вузлів вагонів // Залізничний транспорт України. 2017. № 2. С. 32–38.
9. Бабаєв А. М., Шапошник В. Ю. Гальмова колодка з маркерами зносу // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези доп. 76 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 19-20 трав. 2016 р.) / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2016. С. 26–27.

10. Барановський Д. М. Самоорганізація структур в процесі дисипації // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. № 8 (39). С. 28–30.
11. Барановський Д. М., Мурадян Л. А. Визначення параметрів експлуатаційної надійності вантажних вагонів у системі технічного обслуговування та ремонту // Залізничний транспорт України. 2016. №5-6. С. 47–52.
12. Басов Г. Г., Фалендиш А. П., Харламов П. О., Бабіч І. О. Вибір системи технічного обслуговування та ремонту нового наукоємного рухомого складу міського та приміського транспорту // Коммунальное хозяйство городов. 2006. Вип. 72. С. 275–281.
13. Бланк И. А. Основы инвестиционного менеджмента. 2-е изд.— Киев: Эльга: Ника-Центр. Т.2, 2004. 559 с.
14. Бланк І. О., Гуляєва Н. М., Мазаракі А. А. Інвестиційний менеджмент. Київ: КНТЕУ, 2006. 398 с.
15. Боднар Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2014. № 1 (49). С. 68–74.
16. Боднар Б. Е. Теоретические основы, опыт создания систем испытания и диагностирования тепловозов с гидродинамической передачей: дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 : защищена 21.03.1997 / Боднар Борис Евгеньевич ; Днепропетр. гос. техн. ун-т ж.-д. трансп. Днепропетровск, 1996. 375 с.
17. Боднар Б. Е., Капица М. И., Савич Я. Е. Основные пути развития технической диагностики локомотивов // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. 2003. № 9 (67). Вип. 2 : Технічні науки. Сер. Транспорт. С. 96–100.
18. Болотин М. М., Воротников В. Г. Отказы и срок службы грузового вагона // Мир трансп. 2012. № 2. С. 152–161.

19. Борзилов І. Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів : підручник для вищих навчальних закладів. 2-ге вид., перероб. та доп. Харків: ТО «Ексклюзив». 2011. 256 с.
20. Босов А. А. Теоретические основы и методика расчёта рациональных плановых восстановлений локомотивов и вагонов: дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07. Л., 1986. 283 с.
21. Босов А. А., Капица М. И. Метод векторной оптимизации в задачах повышения отказоустойчивости системы // Информ.-керуючі системи на залізн. трансп. 2000. № 4. С. 106.
22. Босов А. А., Капица М. И. Оценка влияния стационарного диагностирования на надежность локомотивов // Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса: тр. Междунар. научно-прак. конф. / под общ. ред. В. И. Сенько. Гомель: БелГУТ, 2001. С. 51–54.
23. Босов А. А., Лоза П. А. Теоретические основы рационального содержания подвижного состава железных дорог: монография. Днепропетровск: Изд-во ООО предприятие «Дриант», 2015. 252 с.
24. Бочаров В. М., Кузнецов С. М., Петухов Ю. А. Использование АПК «Борт» для изменения периодичности технического обслуживания (ТО-3) и текущего ремонта маневровых тепловозов // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием (10-11 нояб. 2011 г.) / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск: ОмГУПС, 2011. С. 227–233.
25. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 296 с.
26. Бубнов В. М., Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Манкевич М. Б. Особливості технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів з підвищеними показниками надійності // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2016. Вип. 160. С. 11–17.

27. Бугаев В. П. Совершенствование организации ремонта вагонов : (Системный подход). Москва : Транспорт, 1982. 152 с
28. Буксовий вузол з температурним індикатором : пат. 119461 Україна. МПК В61F 15/00, В61К 9/06. № и 2017 03484 ; заявл. 10.04.2017 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.
29. Булинский А. В., Ширяев А. Н. Теория случайных процессов. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 408 с.
30. Буше Н. А. Некоторые соображения о технической политике в области эксплуатационной надежности // Железные дороги мира. 2006. № 7. С. 27–30.
31. Буткин М. Г. Комплексная оценка технического состояния грузовых вагонов: Дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 Екатеринбург, 2000. 248 с.
32. Вагонное хозяйство: учебник для вузов / Под ред. П. А. Устича. Москва: Маршрут, 2003. 560 с.
33. Вентцель Е .С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. Москва: Высш. шк., 2000. 383 с.
34. Верескун В. Д. Развитие теоретических основ организационно-технологической надежности и повышения эффективности функционирования производственных объектов железнодорожного транспорта: авт. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.22. Новосибирск, 2010. 47 с.
35. Воробьев А. А. Оптимизация периодичности и объемов плановых ремонтов ЭПС и прогнозирование его технического состояния: дис. ... д-ра. техн. наук : 05.22.07. Москва. 1992. 361 с.
36. Воронин Н. Н. Анализ повреждаемости и оценка работоспособности несущих сварных конструкций грузовых вагонов: дис. ... д-ра. техн. наук : 05.22.07. Москва. 1994. 344 с.
37. Вуколов Л. А., Шпади Д. В, Налев И. А., Никитин В. А., Дружков Д. А., Мухин А. В. Новая тормозная колодка «Фритекс» – самая простая и надежная в мире // Вагоны и вагонное хозяйство. 2009. №3 (19). С. 28-30.

38. Гальмова колодка залізничного рухомого складу : пат. 102701 Україна. МПК F16D 65/04, B61H 1/00. № и 2015 05423 ; заявл. 02.06.2015 ; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21.
39. Гненний О. М. До питання оцінки та застосування вартості життєвого циклу продукції машинобудування // Проблеми економіки транспорту: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. у-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2016. Вип. 12. С. 7–13.
40. Головаш А. Н., Куршакова Н. Б. Состояние и перспективы перехода на плановопредупредительную систему ремонта с учетом технического состояния подвижного состава // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: Материалы всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2012. С. 32–45.
41. Головаш А. Н. О разработке комплексной системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава по результатам диагностирован («Тех-ИНТЕЛЛЕКТ») // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2010. № 2. С. 24–37.
42. Головаш А. Н. Проблемы перехода на ремонт подвижного состава по техническому состоянию и пути их решения // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы пятой междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали, (31 марта–4 апр. 2014 г). Иркутск: ИрГУПС, 2014. 664 с.
43. ГОСТ (проект, окончательная редакция) межгосударственный стандарт. Средства диагностики подвижного состава на ходу поезда. Общие технические требования, Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Разработчик ВНИИЖТ. 27 с. Режим доступа: http://www.slutskcsms.by/PR_GOST_79.htm
44. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Введ. 2017-09-01. Москва: Стандартинформ, 2017. 14 с.

45. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Введ. 1980-01-01. Москва: Стандартинформ, 2007. 17 с.
46. ГОСТ 33421-2015. Колодки тормозные композиционные и металлокерамические для железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. Введ. 2016-09-01. Минск, 2016. 36 с.
47. ГОСТ 34385-2018 Буксы и адаптеры для колесных пар тележек грузовых вагонов. Общие технические условия. Введ. 2018-01-12 Москва: Стандартинформ, 2018. 24 с.
48. Данилов А. А. Повышение эффективности организации производства системы эксплуатации и ремонта подвижного состава на основе мониторинга технического состояния грузовых вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Сибирский гос. ун-т путей сообщения. Новосибирск: СГУПС, 2005. 24 с.
49. Гридюшко В. И Исследование надежности грузовых вагонов и пути повышения их работоспособности / Труды Всесоюз. науч.-исслед. ин-т ж.-д. трансп. - Москва : Трансжелдориздат, 1974. Вып. 524. 124 с.
50. Державна служба статистики. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
51. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Введ. 1996-01-01 Київ: Держстандарт України, 1995. 92 с.
52. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. Введ. 1999-01-01. Київ: Держстандарт України, 1998. 41 с.
53. ДСТУ ISO 14040:2013. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT). Київ: Держстандарт України, 2013. 24 с.
54. ДСТУ ISO 14041:2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Визначення цілі і сфери застосування та аналізування інвентаризації. (ISO 14041:1998, IDT). Київ: Держстандарт України, 2005. 24 с.
55. Дуцун 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.
56. Железные дороги США: особенности грузовых и пассажирских перевозок // Железные дороги мира. 2007. №4. С. 9–32.
57. «Загнаные» вагоны выбрасывают // Гудок. 2007. 15 февр.
58. Иванов А. О. Улучшать технико-экономические показатели железнодорожной техники // Вагоны и вагонное хозяйство. 2009. № 2. С. 2–3.
59. Иванова Т. В., Налабордин Д. Г. Моделирование зависимости наработок грузовых вагонов на отказ и причины отказов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИРГУПС. 2011. С.136-139.
60. Испытания перспективных тормозных колодок на железных дорогах Украины / Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винстрот Б. У., Муковоз С. П. // Локомотив информ. 2015. № 7-8. С. 20–22.
61. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 (Зі змінами та доповненнями згідно з наказом №312-Ц від 07.06.2001 р.): затв. наказом Укрзалізниці №264-Ц від 28.10.1997 р. / М-во транспорту України, Держадміністрація залізничного транспорту України, 2004. 144 с.
62. Інструкція з технічного обслуговування вагонів в експлуатації. ЦВ – 0043 / затв. Наказом Укрзалізниці №417-Ц від 25.09.2008 р.; Держ. адмін. залізничного трансп. України. Укрзалізниця. Голов. упр. вагонного госп. Київ. ПКТБ по вагонам. Київ, 2008. 222 с.
63. Каневский И. Н., Сальникова Е. Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие. Владивосток: ДВГТУ, 2007. 243 с.
64. Карелина М. В. Обоснование параметров организации ремонта грузовых вагонов (на примере полувагонов): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Моск. гос. ун-т путей сообщения. Москва: МИИТ, 1996. 21 с.
65. Капіца М. І. Розвиток наукових основ удосконалення систем утримування тягового рухомого складу: дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 : захищена

- 20.05.2010 / Капіца Михайло Іванович ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2010. 359 с.
66. Катлен К. Высокоскоростные поезда TGV POS. *Revue Generale des Chemins de Fer*. 2006. №153. с. 33–43.
67. Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. Москва: МЦНМО, 2010. 295 с.
68. Ким С. И., Харитонов В. И., Долганова Е. В., Ким С. В. Оперативная диагностика оборудования локомотива с помощью встроенной экспертной системы «Эскадра» // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы первой междунар. науч.-практ. конф. Москва: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. 364 с.
69. Класифікатор «Основные неисправности грузовых вагонов «КЖА 2005 05». Затверджений комісією «Совета по железнодорожному транспорту полномочных специалистов вагонного хозяйства железнодорожных администраций» (Протокол заседания от 23-25 марта 2004 г. Комиссией специалистов по информатизации железнодорожного транспорта Протокол № 20-21 сентября 2005 г. С изменениями утвержденными Комиссией Совета по железнодорожному транспорту полномочных специалистов вагонного хозяйства железнодорожных администраций от 22-24 августа 2006г.).
70. Клименко И. В. Развитие теоретических основ и методов оценки и повышения безопасности движения подвижного состава железных дорог: дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 : защищена 15.10.2015 / Клименко Ирина Владимировна ; науч. консультанты: Е. П. Блохин, В. Л. Горобец ; Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. тр-та им. акад. В. Лазаряна. Днепропетровск, 2015. 284 с.
71. Колегаев Р. Н. Определение наивыгоднейших сроков службы машин / под ред. Е. Г. Либермана. Москва: Экономиздат, 1963. 227 с.

72. Коротенко М. Л., Клименко И. В., Панасенко В. Я. Безопасность от схода колеса с рельсов и совершенствование конструкций рельсовых экипажей: монография. Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2013. 224 с.
73. Криворудченко В. Ф., Ахмеджанов Р. А. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта: учеб. пособие для вузов. Москва: Маршрут, 2005. 436 с.
74. Куршакова Н. Б. Модель научно-образовательных центров в области технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта // Планово-предупредительный вид ремонта тягового подвижного состава с учетом его технического состояния: коллектив. моногр. по материалам междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ОАО "НИИТКД" "Эксплуатационная надежность подвижного состава" (Омск, 18 окт. 2013 г.) / под общей ред. А. Н. Головаша. Омск: НИИТКД, 2013. С. 494–507.
75. Куршакова Н. Б., Жупинский Е. И. Экономическая эффективность обслуживания и ремонта локомотивов по техническому состоянию // Планово-предупредительный вид ремонта тягового подвижного состава с учетом его технического состояния: коллектив. моногр. по материалам междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ОАО "НИИТКД" "Эксплуатационная надежность подвижного состава", Омск, 18 окт. 2013 г. / под общей ред. А. Н. Головаша. Омск: НИИТКД, 2013. С. 458–468.
76. Лаптева И. И., Колесников М. А. Неразрушающий контроль деталей вагонов: учебное пособие. – Хабаровск : Цзд-во ДВГУПС, 2012. 103 с.
77. Лапшин В. Ф., Орлов М. В. Основы технического обслуживания вагонов: учеб. пособие. Екатеринбург: УрГУПС, 2006. 376 с.
78. Локомотивный парк железных дорог Северной Америки // Железные дороги мира. 2001. № 11. С. 28–30.
79. Локомотивы семейства Prima компании Alstom // Железные дороги мира. 2008. № 5. С. 31–35.

80. Лосев Д. Н. Опыт эксплуатации и дальнейшие пути развития технического обслуживания инновационных вагонов на тележках Barber S-2-R // Транспорт Российской Федерации. 2014. № 3 (52). С. 24–28.
81. Лхамжавын Болд. Разработка и обоснование сроков службы и системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Моск. гос. ун-т путей сообщения. Москва: МИИТ, 2009. 24 с.
82. Мартинов І. Е. Розвиток методів розрахунку та випробувань буксових підшипникових вузлів вантажних вагонів з урахуванням особливостей їх експлуатації: авт. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07. Харків, 2009. 40 с.
83. Мельничук В. О., Мямлін С. В., Ісопенко І. В., Мямлін В. В. Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів // Зб. наук. праць ДонІЗТ. 2010. Вип. 22. С. 101–108.
84. Мельничук В. О., Савчук О. М. Швидкість вантажних вагонів: монографія. Харків: Корпорація "Техностандарт", 2010. 92 с.
85. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте: учеб.-метод. пособие / Сост. Ю. Ф. Кулаев. Киев: Транспорт Украины, 2001. 182 с.
86. Михайлов Д. И. Разработка системы контроля и мониторинга объектов тягового подвижного состава // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы пятой междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали (31 марта–4 апр. 2014 г.). В 2 т. Иркутск: ИрГУПС, 2014. 664 с.
87. Морчиладзе И. Г. Адаптация железнодорожных вагонов к международным перевозкам грузов: монография. Москва: ИБС-Холдинг, 2009. 534 с.
88. Морчиладзе И. Г. Модернизация системы технического обслуживания грузовых вагонов // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: сб. науч. ст. / Петербургский гос. ун-т путей сообщений, научно-исследовательская лаборатория «Динамика вагонов», научно-внедренческий центр «Вагоны». Санкт-Петербург, 2003. С. 211–215.

89. Мурадян Л. А. Відмови та безвідмовність вагонів як складові експлуатаційної надійності // Вісн. НТУ «ХПІ» Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2015. № 52 (1161). С.127–130.
90. Мурадян Л. А. Побудова системи дослідження надійності вантажних вагонів // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2015. № 10. С. 90–95.
91. Мурадян Л. А. Построение моделей отказов грузовых вагонов на основе байесовского подхода // EUREKA: Physics and Engineering. 2016. С. 54–60.
92. Мурадян Л. А. Probabilistic-physical approach to describe and determine the reliability of wag // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2016. № 5 (65). С. 168–177.
93. Мурадян Л. А., Подосьонов Д. О., Шапошник В. Ю. Залежність величини зносу пари тертя «п'ятник – підп'ятник» від пробігу вантажного вагона // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2017. № 6 (72). С. 61–69.
94. Мурадян Л. А., Міщенко А. А., Шапошник В. Ю. Проблеми визначення надійності піввагонів моделі 12-7023-01 на візках 18-7020 за результатами дослідної експлуатації в маршрутах ДПТ-УЗ // Проблеми механіки залізничного транспорту. Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження: тези доп. XIV Міжнар. конф. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Ін-т техн. мех. НАН України і нац. косміч. агенства України, НВП Укртранскад. Дніпропетровськ, 2016. С. 86–87.
95. Мурадян Л. А., Мямлин С. В., Шапошник В. Ю. Определение стратегии технического обслуживания и ремонта вагонной техники // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы седьмой Всероссийской науч.-техн. конф. Иркутск, 2016. С. 369–373.

96. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Автоматична ідентифікація окремих частин транспортного засобу при впровадженні нових концепцій системи технічного обслуговування та ремонту // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2017. № 4. С. 44–50.
97. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Исследование литых железнодорожных колес в эксплуатации производства компании “Griffin Wheel Company” (США) // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. 2015. Вып.7. С. 65–70.
98. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. К вопросу о планах испытаний надежности механических систем // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2015. № 157 С. 119–128.
99. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винокурова С. В. Пути развития, тенденции и перспективы дальнейшего совершенствования тормозной колодки рельсового подвижного состава // Вагонный парк. 2015. № 5-6. С. 32–34.
100. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Мищенко А. А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несамоходного подвижного состава // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2016. № 1 (61). С. 169–179.
101. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Мищенко А. А. Опытные маршруты ДИИТ-УЗ: «Опытная эксплуатация – научные обоснования – массовое внедрение» // Вагонный парк. 2016. № 5-6 (110-111). С. 57–59.
102. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Міщенко А. А. Дослідження показників надійності піввагонів моделі 12-1905 на візках 18-1711 в експлуатації // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тез. докл. 77 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепр, 11-12 мая 2017 г.) / Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, Восточноукр. науч. центр, Укртранскад. Днепр, 2017. С. 41–43.
103. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Подосенов Д. О. Повышение надежности грузовых вагонов с применением новых технологий

- изготовления и восстановления рабочих поверхностей // Электромагнитна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2016. № 11. С. 49–54.
104. Мурадян Л. А., Шатунов О. В., Міщенко А. А., Шапошник В. Ю. Визначення сили натиснення гальмових колодок та зважування пасажирських вагонів // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. 74 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 15-16 трав. 2014 р.) / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2014. С. 59–60.
105. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Результати випробувань гальмової колодки COBRA TG типу V641-PV виробництва REPS США // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тез. докл. 75 Міжнарод. науч.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 14-15 мая 2015 г.) / Дніпропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Восточноукр. науч. центр, Укртранскад. 2015. С. 52–53.
106. Мямлин В. В. Теоретические основы создания гибких поточных производств для ремонта подвижного состава: монографія. Дніпропетровськ: ЧФ "Стандарт-Сервис", 2014. 380 с.
107. 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), Ч. 2. С. 86–96.
108. Мямлін С. В. Розробка конструкцій та машинобудівних технологій створення вантажних вагонів нового покоління // Українські залізниці. 2014. № 10. С. 14–15.
109. Мямлін С. В., Мурадян Л. А., Барановський Д. М. Визначення параметрів експлуатаційної надійності вантажних вагонів у системі технічного обслуговування та ремонту // Залізничний трансп. України. 2015. № 4. С. 12–17.
110. Мямлін С. В., Мурадян Л. А., Барановський Д. М. Проблема визначення терміну «надійність». Методологія побудови та вивчення надійності вантажних вагонів // Наука та прогрес транспорту. Вісник

- Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2015. № 6 (60). С. 110–117.
111. Мямлін С. В., Шапошник В. Ю. Развитие системы ремонта грузовых вагонов на железных дорогах Украины // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы доп. 76 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 19-20 трав. 2016 р.) / Днепропетр. нац. ун-т железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна. Днепропетровск. 2016. С. 40–41.
112. Налабордин Д. Г. Оценка влияния уровня надежности и безопасности грузовых вагонов на параметры системы их технического обслуживания: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 ; Забайкальский институт железнодорожного транспорта" филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский государственный университет путей сообщения. Чита, 2015. 209 с.
113. Національний банк України: офіційний веб-сайт. Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/>
114. Неразрушающий контроль / [под общ. ред. В.В. Клюева]. Т. 1. Кн. 1: Соснин Ф. Р. Визуальный и измерительный контроль. Москва: Машиностроение, 2008. 323 с.
115. Нелюбов В. П. Виброакустическая диагностика буксовых подшипников подвижного состава: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Ростов-на-Дону: РГУПС, 2003. 21 с.
116. Носач А. Н. О возможностях увеличения межремонтных сроков грузовых вагонов // Железнодорожный транспорт Украины. 2011. № 6. С. 22–25.
117. Обслуживание инфраструктуры в условиях приватизации // Железные дороги мира. 2006. № 9. С. 77–80.
118. Оптимальный подвижной состав и его техническое обслуживание в системе грузовых перевозок будущего // Железные дороги мира. 2007. № 1. С. 28–37.

119. Организация работы вагонного хозяйства в США // Вагонный парк. 2016. № 8-9 (114-115). С. 47–50.
120. Орлова А. М., Щербаков Е. А. Конструктивные особенности тележек моделей 18-9810 и 18-9855 // Вагонный парк. 2011. № 6. С. 48–50.
121. Осяев А. Т., Никифоров В. А. О системе обслуживания локомотивов за рубежом // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2012. № 5. С. 56–62.
122. Пастухов И. Ф., Пигунов В. В., Кошкалда Р. О. Конструкция вагонов. Москва: Альянс, 2016. 504 с.
123. Политика SNCF в области подвижного состава и его технического обслуживания // Железные дороги мира. 2010. № 4. С. 38–45.
124. «Положение о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении». Затверджене 47-ю Радою по залізничному транспорту держав-учасників Співдружності, протокол від 22-23 листопада 2007 р.. Введено в дію наказом Укрзалізниці від 07.12.2007 №573-Ц.
125. Предотказное состояние // Гудок. 2017. Вып. 14 (26153) URL: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1363240&archive=2017.01.31>
126. Проблеми існуючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів в Україні / С. В. Мямлін, [та ін.] // Проблеми механіки залізничного транспорту. Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження: тези доп. XIV Міжнар. конф. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Ін-т техн. мех. НАН України і нац. косміч. агентства України, НВП Укртранскад. Дніпропетровськ, 2016. С. 89–91.
127. Пузир В. Г., Дацун Ю. Н. Застосування сучасних стратегій при удосконаленні системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2014. Вип. 149. С. 75–80.
128. Разумилов Р. М. Новое видение системы ремонта и технического обслуживания путевой техники на железнодорожном транспорте. Система

- ремонта по техническому состоянию // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд: сб. материалов VII-й Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. С. С. Чернова. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. С. 156–161.
129. Разумилов Р. М. Проблемы и резервы системы планово-предупредительного ремонта путевой техники ОАО «РЖД» // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2014. № 4 (40). С. 205–210.
130. Райков Г. В., Петров С. В. Научно-теоретические принципы назначения межремонтных нормативов вагонов // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 4. С. 15–18.
131. Рейдемейстер О. Г., Шикун А. А., Дузик В. Н. Исследование динамических качеств полувагона модели 12-7039-01 с осевой нагрузкой 25 т/ось // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 75 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 14-15 мая 2015 г.) / Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, Восточноукр. науч. центр, Укртранскад. Днепропетровск. 2015. С. 41-42.
132. Репина И. Б. Вероятностный подход к учету влияния человеческого фактора на отказы технических систем железнодорожного транспорта // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 1. С. 114–117.
133. Самсонкин В. Н., Аджавенко М. Н. Разработка моделей оценки влияния человеческого фактора на инновационное развитие предприятия железнодорожного транспорта // Проблемы экономики 2014. № 1. С. 77 – 79.
134. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Шаманов В. И. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Москва: Маршрут, 2003. 263 с.
135. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58830 (Україна). Літературний твір наукового характеру «Програма та методика експлуатаційних випробувань вантажних напіввагонів моделі 12-7023 на

- візках моделі 18-7020» / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник, А. А. Міщенко. Зареєстр. 26.02.2015. 1 с.
136. Сенько В. И. Обоснование долгосрочных тенденций функционирования и развития базы деповского ремонта грузовых вагонов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. Моск. ин-т инж. тр-та. Москва: МИИТ, 1989. 46 с.
137. Сенько В. И., Чернин И. Л., Бычек И. С. Техническое обслуживание вагонов. Организация ремонта грузовых вагонов в депо: учеб. пособие. Гомель: БелГУТ, 2002. 371 с.
138. Сенько В. И. Совершенствование организации технического обслуживания и текущего ремонта грузовых вагонов на полигоне железной дороги. Гомель: БелИИЖТ, 1986. 46 с.
139. Середина И. А. Ремонт и техническое обслуживание грузовых вагонов // Железнодорожный транспорт в СССР и за рубежом. Москва: ЦНИИТЭИ МПС, 1983. Вып.14. С. 87–97.
140. Синьчэн Ч. Экономическая реформа в Китае: достижения и задачи // Проблемы теории и практики управления. 1997. №2. С.19.
141. Спиридонов Э. С, Шепитько Т. В. Надежность реализации организационно–технологических решений и ее определение на модели // Москва: Сб. научн. тр. МИИТ, 1999. Вып. 925. С. 51–52.
142. СТП 04 - 010:2018 Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом. Зареєстровано в реєстрі нормативних документів ПАТ «Українська залізниця» за № 0024 від 23.02.2017. Київ: АТ «Укрзалізниця», 2018. 31 с.
142. Тартаковский Э. Д. Научные основы и разработка поточной технологии диагностирования и технического обслуживания тепловозов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 02.22.07. Моск. ин-т инж. трансп. Москва: МИИТ, 1984. 36 с.
143. Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР / Е. П. Блохин [и др.] // Вагонный парк. 2012. № 9. С. 12–14.

144. Теслик А. Г., Дацун Ю. М., Зінківський А. М. Аналіз систем технічного обслуговування та ремонту рухомого складу залізниць країн Європи та Північної Америки // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2015. № 1. С. 57–60.
145. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов на BNSF // Железные дороги мира. 2007. №4. С. 57–59.
146. Типовий технологічний процес роботи пунктів технічного обслуговування вагонів Т12.01. №ЦВ-0041. / затв. Наказом Укрзалізниці №725-Ц від 25.12.2001р.; Держ. адмін. залізничного трансп. України. Укрзалізниця. Голов. упр. вагонного госп. Київ. ПКТБ по вагонам. Київ, 2001. 312 с.
147. Ткачик О. Б. Вагони нового покоління // Всеукраїнська транспортна газета Магістраль. 2014. 1-7 жовт. (№77). С. 9.
148. Ткачик О. Б. Оновлення застарілого вагонного парку – першочергове завдання Департаменту вагонного господарства Укрзалізниці // Вагонний парк. 2015. № 9-10. С. 10–13.
149. Тормозная колодка железнодорожного транспортного средства: пат. RU2010112833А Российская федерация ; № RU2427491С1. опубл. 27.08.2011. Бюл. 24.
150. Третьяков А. В. Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации: монография. Санкт-Петербург: ООО «ОМ-Пресс», 2004. 348 с.
151. У пошуках інвесторів // Магістраль. 2013. 3-9 квітня. С. 6.
152. Устич П. А., Иванов А. А., Мажидов Ф. А. Оценка остаточного срока службы деталей на основе данных об отказах // Мир транспорта. – 2015. – №6. – С. 196-205
153. Устич П. А. Работоспособность и надежность грузового вагона: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. Моск. ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров железнодорожного транспорта им. Ф.Э. Дзержинского, М., 1992. – 43 с.

154. Устич П. А., Моксаков А. П. Организация периодичности плановых видов ремонтов грузовых вагонов. // Вестник ВНИИЖТ. 1987. № 6. С. 36–38.
155. Устич П.А., Карпычев В.А., Овечников М.Н. Надежность нетягового подвижного состава: учебник для вузов ж.-д. транспорта / под ред. П. А. Устича. Москва: Маршрут, 2004. 416 с.
156. Фалендиш А. П. Устенко О. В., Володарець М. В. Аналіз робіт вчених в області оптимізації системи технічного обслуговування і ремонту // Зб. наук. праць ДонІЗТ. 2012. Вип. 31. С. 114–121.
157. Фокус. Режим доступу: <https://focus.ua/money/357062/>
158. Фомін О. В. Удосконалення конструкції залізничних піввагонів з метою зниження матеріалоємності: автореф. дис. ... канд. техн.. наук : 05.22.07; Харків, 2010. 20 с.
159. Франция: SNCF готовится к отказу от монополии // Железные дороги мира. 2009. №4. С. 53–56.
160. Хамоев А. Д., Мартынюк Н. Г. Формирование системы ремонта и технического обслуживания подвижного состава на железнодорожном транспорте. // Вестник ВНИИЖТ. 1994. № 3. С. 43–47.
161. Харрингтон Д. Управление качеством в американских корпорациях: сокр. пер. с англ. / авт. вступ. ст. и науч. ред. Л. А. Конарева. Москва: Экономика, 1990. 272 с.
162. Хусаинов Ф. И. Демонополизация железнодорожного транспорта и развитие системы операторских компаний: монография. Саратов: Издательство "Новый ветер", 2009. 322 с.
163. Хусаинов Ф. И. Отцепки в ТОР и возраст вагонов: есть ли зависимость? // РСП-Эксперт", 2015. № 7, С. 42–44.
164. Черепов О. В. Методология оценки технического состояния ходовых частей грузового вагона как устройства преобразования сил // Транспорт Урала. 2009. № 2 (21), С. 61–64.
165. Человеческий фактор. Т. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина / Ж. Кристеноен и др. Москва: «Мир», 1991. Т. 1. 599 с.

166. Шапошник В. Ю. Діагностика вантажних вагонів в експлуатації / Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 78 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепр, 17-18 мая 2018 г.) // Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. Днепр. 2018. С. 54–55.
167. Шапошник В. Ю. Результати експериментальних досліджень процесу зміни технічного стану вантажних вагонів в експлуатації // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. 2018. Ном. 15. С. 105–109.
168. Шапошник В. Ю. Міжремонтний ресурс вантажних вагонів / «Вагони нового покоління: із ХХ в ХХІ сторіччя» : тези доп. ІІ Всеукраїнської конференції (Харків, 23-25 квітня 2019 р.) // Український державний університет залізничного транспорту. - Харків, 2019. С. 23-24.
169. Шапошник, В. Ю. Нові стратегії технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2017. № 13. С. 88–94.
170. Шапошник В. Ю., Кирильчук О. А. Составний фрикційний клин трьохелементного візка / Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези доп. 79 Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 16-17 трав. 2019 р.) // Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпро, 2019. С. 51-52.
171. Шапошник В. Ю., Кирильчук О. А. Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів // Залізничний транспорт України : науково-практичний журнал. - 2019. - № 2. - С. 41-50.
172. Шапошник В. Ю., Мурадян Л. А., Бабаєв А. М., Мищенко А. А. Об опыте применения профиля ДИИТ-УЗ в модернизированных тележках грузовых вагонов // Збірник наукових праць / Держ. ун-т інфраструктури та технологій. - Київ : Вид. ДУІТ, 2018. - Вип. 32. Т 1: Транспортні системи і технології. - С. 45-54.

173. Шикина Д. И. Оптимизация нормативного срока службы и системы технического обслуживания и ремонта вагона с учетом качества его ремонтов (на примере полувагона): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Московский государственный университет путей сообщения» (МГУПС (МИИТ)), М., 2012. – 24 с.
174. Шток поршня циліндра: пат. 118741 Україна. МПК В60Т 17/08, F15В 15/00, F15В 15/28. № у 2017 01814 ; заявл. 27.02.2017 ; опубл. 28.08.2017, Бюл. № 16.
175. A. Stucki Company. URL: www.stucki.com.
176. Apparatus for measuring piston travel: patent US20040205977A1 US; Appl. No.: 10/431,328 Filed: May 7, 2003 Related U.S.; Application Data Provisional application No. 60/463,920, filed on Apr.18, 2003.
177. Britton Mark A., Shima Asnaashari, Gemma J. M. Read Analysis of train derailment cause and outcome in Victoria, Australia, between 2007 and 2013: Implications for regulation // Journal of Transportation Safety & Security. – 2017. – Vol. 9. – Iss. 1. – P. 45–63. doi: 10.1080/19439962.2015.1088906
178. Černiauskaite Laura, Podagelis Igoris, Sakalauskas Kazys Research into safe traffic of Lithuanian railway lines // Transport. – 2005. – Vol. 20 (4). – P. 154–159.
179. IEC 60300-3-11 Reliability centred maintenance. International standard. 94 page.
180. Luczak M. Organization of the repair of the rolling stock in North America // Railway Age. 2000. № 12. P. 41– 47.
181. Marković Milan, Pavlović Norbert, Miloš Ivić Fuzzy renewal theory about forecasting mistakes done by a locomotive driver: a Serbian railway case study // Transport. – 2011. – Vol. 26. – Iss. 4. – P. 403–409. doi: 10.3846/16484142.2011.641183
182. Railroad car brake cylinder piston travel indicator and mount therefor : patent US5492203A US; Appl. No.: 402,248 Filed: Mar 10, 1995 Date of Patent: Feb. 20, 1996.

183. Roets Bart, Christiaens Johan Shift work, fatigue, and human error: An empirical analysis of railway traffic control // Journal of Transportation Safety & Security. – 2017. doi: 10.1080/19439962.2017.1376022
184. Shaposhnyk V. Y. Theoretical studies on the process of change of the technical condition of freight cars in operation // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2018. № 4 (76). С. 134–141.
185. Shaposhnyk V. Y. Human factor influence on performing technical maintenance and repair of freight cars // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2018. № 6 (78). С. 165–175.
186. The Basics of FMEA / R.E. McDermott et al. New York: Productivity Press, 2009. 168 p.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Огляд міжнародного досвіду в організації системи технічного обслуговування
та ремонту рухомого складу залізниць

А.1 Система технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на залізницях Північної Америки

Залізниці Північної Америки дуже схожі на залізниці України за розгалуженістю та протяжністю, інтенсивністю та затребуваністю вантажних перевезень, кліматичним особливостям, тому їх досвід у виборі системи ремонту буде корисним при реформуванні вітчизняних залізниць. Залізниці США перебувають у власності приватних компаній, які самостійно формують систему технічного обслуговування та ремонту вагонів, тому не існує єдиної системи ТОіР вантажних вагонів. [87]. Вантажні перевезення у США виконують сім залізничних компаній першого класу (їхня діяльність поширюється на кілька регіонів країни) та значна кількість (майже 600) невеликих компаній регіонального значення. До них додаються компанії, що діють на ринку вантажних перевезень у рамках угоди про вільну торгівлю (NAFTA) між США, Канадою (залізничні компанії Canadian National (CN) і Canadian Pacific (CP)) та Мексикою (залізничні компанії Ferrocarril Mexicano (Ferromex) і Grupo Transportación Ferroviaria Mexicano (TFM) [56, 180].

За розробку транспортної політики у США відповідає Департамент транспорту, де питаннями вантажного залізничного транспорту займаються:

- Федеральна залізнична адміністрація (Federal Railroad Administration) (далі – FRA), яка займається розробкою галузевої нормативної та правової бази на залізничному транспорті на основі федерального транспортного законодавства про «Транспортну безпеку».

- Генеральне бюро інспекції безпеки, яке є незалежним органом контролю.

- Американська асоціація залізниць (Association of American Railroads) (далі – AAR), членами якої є практично всі залізничні компанії Північної Америки. AAR представляє інтереси залізничних компаній у державних органах, є координатором науково-дослідних програм, встановлює технічні нормативи, яким повинен відповідати вагон за умовами безпеки руху [5, 87].

На залізницях Канади функціонують дві залізничні компанії першого класу (Canadian National Railway Co і Canadian Pacific Railways Ltd.) і сотні невеликих компаній, кількість яких постійно змінюється під впливом вільної конкуренції. У середньому в Канаді кожен місяць з'являється одна нова залізнична компанія [162].

На сьогодні залізничні компанії Північної Америки встановлюють та змінюють систему ремонту та періодичність надходження власних вагонів до ремонту, виходячи з власних міркувань, які базуються на економічній доцільності та набутому досвіді експлуатації вагонів. Так, компанія Трайлер-Трейн ремонтує власні вагони за системою планово-попереджувального ремонту. На станції Чикаго залізниці Ілінойс-Центральна вантажні вагони ремонтуються за станом. Однак при цьому виділяються вагони, які експлуатуються найбільш інтенсивно, і для них застосовують ремонт за системою планово-попереджувального ремонту. В Олнексі (штат Небраска) та в Лорені (штат Монтана) ремонт вагонів, які курсують на маршрутах з перевезення вугілля, здійснюються за системою планово-попереджувального ремонту (за часом або пробігом – через кожні 200 тис. км). Залізнична компанія Карм'є (Канада) застосовує планово-попереджувальну систему ремонту, за якою періодичний ремонт вагонів виконується через кожні 45 днів (19 тис. км пробігу) [87, 88]. Компанія Norfolk Southern – одна з найбільших компаній, відмовилася від системи планово-попереджувальних ремонтів на користь ремонту за станом. Поточний ремонт проводиться агрегатною заміною вузлів, які відмовили. Якщо вагон не надходить в поточний ремонт протягом п'яти років, то здійснюється планова перевірка його головних (з позиції безпеки руху) вузлів. У тому випадку коли вартість ремонту перевищує 10 тис. \$, приймається рішення про доцільність проведення ремонту [57]. Гарантійні плечі після проведення огляду на ПТО становлять до 1 тис. миль (1 609 км). Додатковий контроль рухомого складу здійснюється на ходу поїзда спеціальними детекторами стану рухомого складу для виявлення дефектів коліс, візків, перегріву букс. Кожний поїзд оснащений інтелектуальними

системами гальмування, а також системою автокерування, яка дозволяє знизити поздовжньо-динамічні реакції в поїзді. Високий рівень експлуатаційних показників досягається за рахунок високотехнологічного ремонту рухомого складу [119].

Сучасний рухомий склад відрізняється високим ступенем інтеграції і складності, тому для технічного обслуговування та ремонту дуже широко залучають сторонні фірми (сервісні центри). Деякі залізничні компанії, такі як Canadian National (CN) і Norfolk Southern (NS), крім власного рухомого складу ремонтують рухомий склад і інших власників, домагаючись повного завантаження виробничих потужностей. Однак орієнтація на ремонт рухомого складу інших власників може мати негативні наслідки. У 2000-2001 рр. в депо з технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів у Холідейсберзі (штат Пенсільванія) було закрито, у зв'язку із закінченням дії контрактів на ремонт вагонів сторонніх фірм. З аналогічних причин простоювало підприємство компанії NS в Роаноці (штат Вірджинія) [87, 88].

На залізницях США відсутнє поняття строку служби вагона, наприклад, вагон може бути списаний після 20 років, а може пропрацювати вдвічі довше, це залежить від інтенсивності його експлуатації. Наприклад, у США нараховується приблизно 75 тис. вагонів різних типів, які експлуатуються понад 40 років. Кожен власник сам вирішує, варто йому вкладати кошти в старий рухомий склад чи придбати новий. За останні 24 років у США було оновлено 2/3 вагонного парку [3].

А.2 Система технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на залізницях країн Європи

Проблема визначення оптимальної системи технічного обслуговування та ремонту рухомого складу є актуальною для залізничних компаній Європи. Це зумовлено тим, що умови ринку, які постійно змінюються, у разі потреби можуть вимагати переходу до інших систем технічного обслуговування. Це у свою чергу пов'язано з необхідністю оновлення ремонтної інфраструктури.

Система технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів Національного товариства французьких залізниць базується на плановій системі ремонту вантажного вагонного парку, при цьому особлива увага приділяється визначенню реальних термінів та послідовності окремих операцій з поточного утримання та ремонту вагонів. Процес технічного обслуговування рухомого складу передбачає профілактичні та відновлювальні заходи [123]. Для різних типів вагонів окремозначаються нормативи планово-попереджувальних видів ремонту. Виконуються «оздоровчого ремонту» за технічним станом [87].

На залізницях Німеччини особлива увага приділяється технічному стану вагонів у другій половині встановленого терміну служби. Якщо доводиться техніко-економічна доцільність експлуатації вантажного вагона за межами встановленого терміну служби, то для них виконується особлива категорія ремонту. При цьому проводяться модернізація вагона, що дозволяє збільшити термін його служби [19, 87]. Критерієм встановлення терміну між видами й обсягом поточного утримання, послідовністю їх виконання є «запас зношування». Для нового вагона він приймається рівним 100 %, а з плином часу в результаті експлуатації зменшується. Кожен вузол вагона й вагон у цілому мають криву зношування. Встановлено, що для одних вузлів вона залежить від часу експлуатації, для інших – від експлуатаційних навантажень. Терміни між періодичними ремонтами встановлюються залежно від інтенсивності експлуатації вагонів. Для вагонів, що інтенсивно експлуатуються, основним показником є пробіг, а для інших – час експлуатації. Адміністрацією залізниць Німеччини розроблено кілька проектів, реалізація яких спрямована на вдосконалення системи технічного обслуговування. Найбільший інтерес становить система «ЛАРСІГ», що дозволяє враховувати реальні пробіги й завантаження вагона. Дані, що накопичуються в цій системі, відображають точну історію кожного вагона, а саме: коли і з якими несправностями вагон надійшов у ремонт, який ремонт виконувався, які при цьому було використано

матеріали і т. д. Цю інформацію використовують для планування і коригування термінів технічного обслуговування і технічних оглядів [108].

Система технічного обслуговування та ремонту на Італійських залізницях базується на планово-попереджувальному принципі, причому упор робиться на запобіганні несправностям і відмовам, які негативно впливають на безпеку руху поїздів. Зміна підходу до системи ТОіР рухомого складу очікується з впровадженням нової системи інформаційної підтримки RMS. У ній кожна транспортна одиниця розглядається як комплекс окремих вузлів і деталей, які занесені в базу даних і підлягають контролю згідно з встановленим параметрам, тобто за основу беруть стан окремих компонентів, а потреба в контролі стану всієї транспортної одиниці відпадає. В інформаційному архіві вказується термін служби деталі або вузла, після закінчення якого вона не допускається до подальшого використання.

На Британських залізницях застосовується планова система ремонту вантажних вагонів. Передбачено виконання періодичного генерального, проміжного і поточного ремонтів. Періодичний генеральний (через кожні 6–9 років) і проміжний (через кожні 3 роки) ремонти виконуються на вагоноремонтних заводах, при чому вони не спеціалізуються на ремонті певного типу вагонів. На них же виконують будівництво нових вантажних вагонів. Під час генерального ремонту вагон практично повністю відновлюється. Проміжний ремонт передбачає відновлення або заміну зношених і пошкоджених деталей [19, 88].

А.3 Система технічного обслуговування та ремонту самохідного рухомого складу

Реформування системи ТОіР тягового рухомого складу (далі – ТРС) відбувається найбільш інтенсивно. У системі ТОіР ТРС триває перехід від системи планово-попереджувального обслуговування та ремонту з виконанням регламентованого обсягу робіт на користь виконання робіт за фактичним станом на основі накопиченого досвіду й значного обсягу діагностування.

Спільні дослідження економічної ефективності концепції ремонту «за станом», виконані компанією Strukton, підтвердили можливість економії фінансових коштів у розмірі до 5 % проти традиційної планово-попереджувальної система ТОіР [117, 118].

TPC на SNCF (Франція) передбачає проходження п'яти рівнів технічного обслуговування: рівень 1 – щоденний технічний огляд та екіпірування, рівень 2 – міжрейсове ТО з усуненням незначних дефектів, рівень 3 – ремонт малого обсягу з плановою заміною вузлів та деталей, рівень 4 – ремонт середнього обсягу (відновлювальний), рівень 5 – ремонт великого обсягу (капітальний) з покращенням технічних та експлуатаційних параметрів чи модернізацією. Використання діагностичних пристроїв, статистики та аналізу відмов вузлів і агрегатів, а також розподіл ремонтних робіт великого об'єму на «модулі» для можливості їх виконання за кілька прийомів (у ході кількох ремонтів) дозволили у два рази підвищити рівень експлуатаційної готовності й знизити кількість відмов. З 1999 до 2009 року для високошвидкісних електропоїздів TGV Atlantique терміни періодичного ремонту, що входять до рівнів 3 та 4, були підвищені в середньому в 1,5 рази [144, 159].

Технічне обслуговування тепловозів сімейства Prima компанія Alstom оптимізовано за допомогою системи зв'язку, що забезпечує дистанційний доступ до бортової системи діагностування будь-якого тепловоза, який перебуває в експлуатації. Це дозволяє визначати стан вузлів і агрегатів, завчасно підготувати все необхідне для ремонту перед надходженням тепловоза в депо [79, 121].

У США компанії-виробники тепловозів GETS і EMD вважають, що мета моніторингу технічного стану TPC полягає не стільки в тому, щоб фіксувати виникаючі в ході експлуатації відмови, скільки в тому, щоб такий моніторинг став елементом у розробці оптимальної системи утримання локомотивів. У бортовій системі використовуються супутниковий зв'язок та мережа інтернет для можливості отримання в режимі реального часу інформації про місцезнаходження локомотивів і їх технічний стан. Це дозволяє передбачати

можливі несправності й надавати рекомендації з обслуговування та ремонту. Першим користувачем системи стала американська залізнична компанія Union Pacific, яка встановила таке обладнання на 200 тепловозах [78].

Організація системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням технічного стану впроваджена на Burlington Northern Santa Fe (BNSF США). BNSF підписала з компанією Alstom контракт вартістю 420 млн дол. на технічне обслуговування протягом 12 років парку тепловозів SD70M AC в кількості 434 од. Тепловози обслуговують перевезення вугілля в штаті Вайомінг. Щодоби відправляється понад 120 составів в складі 150 вагонів. Тягу поїзда здійснюють 3-4 тепловози за системою багатьох одиниць. Зазначені локомотиви заходять у депо приписки не раніше ніж через 11 діб інтенсивної експлуатації. З метою забезпечення якості ремонту компанія Alstom впровадила систему діагностування обладнання – Condition Based Maintenance (далі – CBM) яка базується на постійному моніторингу відповідальних вузлів і агрегатів і прогнозуванні їх стану. За перші місяці роботи CBM відмови тягових генераторів змінного струму зменшилися на 85 % [118, 121, 145].

Впровадження систем діагностування та контролю для переходу до ремонту локомотивів за станом відбувається на Російських залізницях, де розробляються системи моніторингу, які дозволяють накопичувати необхідні обсяги інформації для прогнозування стану об'єкта контролю в майбутньому [86]. Усі тепловози, які випускаються серійно, обладнані комплексною мікропроцесорною системою управління з вбудованою підсистемою діагностування [68, 145]. Існуючі засоби технічного контролю і діагностування на 60-80 % (залежно від типу і серії ТРС), забезпечують діагностування обладнання локомотивів [24, 40, 41, 74, 75].

Комплекс «Кипарис» призначений для діагностування, контролю параметрів, обробки та подання інформації в цифровому і графічному вигляді, видачі рекомендацій і вказівок з налаштування параметрів дизель-генераторних установок магістральних і маневрових тепловозів при проведенні реостатних

випробувань в умовах локомотивних депо і ремонтних заводів. Комплекс дозволяє проводити оцінку технічного стану дизель-генераторної установки тепловоза при мінімальному демонтажі його обладнання, встановлювати оптимальні з точки зору надійності й економічності режими роботи [41, 42]. Експеримент, який реалізований Західно-Сибірською Дирекцією з ремонту тягового рухомого складу полягає в тому, що за допомогою комплексу «Кипарис» проводиться налаштування дизель-генераторної установки й визначаються її фактичні характеристики. Система обліку витрати палива і контролю параметрів роботи дизель-генераторної установки «БОРТ» накопичує інформацію про роботу тепловоза, виявляються факти порушення режимів роботи тепловоза. У період з 2007 року по 2012 рік кількість відмов турбокомпресора зменшено в 5 разів, поршнів у 4,8 разу, втулок у 8,5 разу. Кількість порушень режимів експлуатації скоротилося в 3 рази. За 2011 рік заощаджено понад три мільйони рублів. Експеримент показав, що за даними бортових систем можна побудувати систему ремонту з урахуванням технічного стану обладнання та прогнозування його працездатності [40, 74].

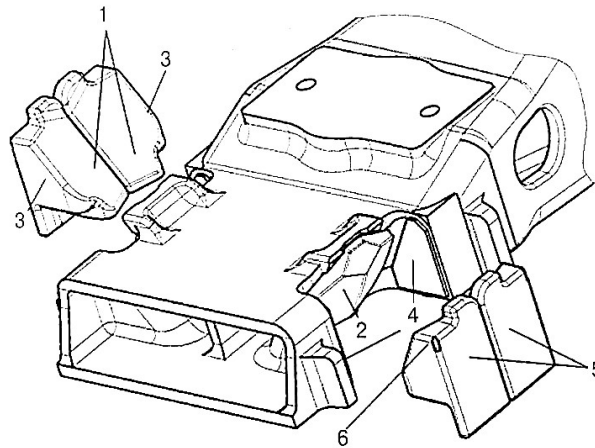
Переїмання міжнародного досвіду впровадження діагностуючих систем та систем контролю розпочалося у вітчизняному локомотивному парку. У Бортових системах вітчизняних локомотивів використовується багато мікропроцесорних систем (системи автокерування, САУТ, КЛУБ та інші) із застосуванням різного типу датчиків та мікропроцесорних пристроїв [15].

Перехід до ремонту за станом відбувається також у колійній техніці. Розвиток колійної техніки іде шляхом ускладнення вузлів і агрегатів машин. Ремонт колійної техніки за станом є найбільш доцільним та найменш затратним. Це підтверджується результатами, отриманими в 2010 р. у Дирекції з експлуатації і ремонту колійних машин на Східно-Сибірській залізниці, де колійні машини типу АДМ ремонтувалися за станом. Економія фінансів на одну одиницю АДМ у середньому становила понад 24 % [128, 129].

ДОДАТОК Б

Технічні рішення виконання індикаторного контролю у вузлах вантажного
вагона

Візок. Контроль зносу робочої поверхні клина. У верхньому куті вертикальної робочої поверхні 5 (рис. Б.1) клина 3 розташовують індикатор 6, який виконується у вигляді заглиблення. За допомогою цього індикатора визначається границя допустимого зносу робочої поверхні клина.



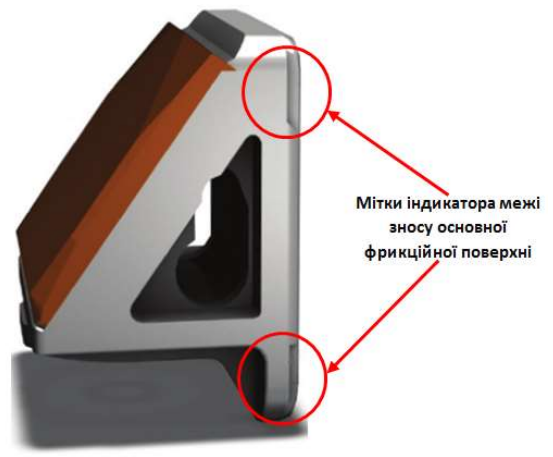
1 – похилі поверхні; 2 – змінна вставка; 3 – клин; 4 – зносостійкі планки; 5 – вертикальні поверхні; 6 – індикатор зносу

Рисунок Б.1 – Взаємодія фрикційних клинів з карманами надресорної балки візків мод. 18-9810,18-9855 (BARBERS-2-R) [80, 120]

Розміщення та виконання таких міток на фрикційних клинах візків вантажних вагонів може відрізнятися залежно від виробника та моделі візка, як це показано на рис. Б.2 [70, 143, 72].



а



б

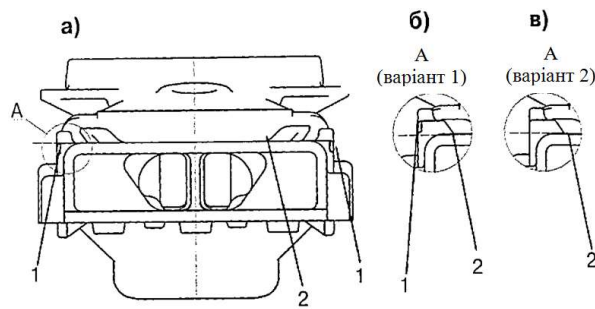


в

а – клин візка ZK1; б – модернізований клин зі зносостійкою прокладкою та індикатором зносу компанії A. Stucki Company; в – діюча технологія визначення зносу вертикальної поверхні клина

Рисунок Б.2 – Варіанти виконання міток індикаторів межі зносу основної фрикційної поверхні клина візка вантажного вагона [70, 72 143]

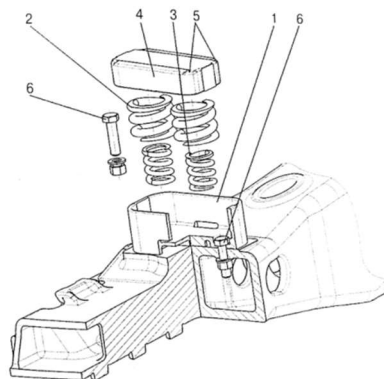
Контроль завищення клина. За допомогою індикаторів фрикційних клинів у експлуатації, окрім зносу основної фрикційної поверхні, контролюється завищення клина відносно надресорної балки. Контроль завищення фрикційного клина (рис. Б.3) виконується за положенням нижньої границі індикатора 1 відносно верхньої поверхні 2 надресорної балки. Якщо індикатор повністю або частково розташований нижче поверхні надресорної балки (рис. Б.3, а), то несправності немає. Повне завищення індикатора відносно поверхні надресорної балки (рис. Б.3, б) або відсутність індикатора на клині (рис. Б.3, в) є несправністю, при якій необхідне відчеплення вагона в ТО.



а – надресорна балка з установленими фрикційними клинами в справному положенні (індикатор повністю або частково розташований нижче поверхні надресорної балки); б – несправний стан фрикційних клинів – повне завищення індикатора фрикційного клина відносно поверхні надресорної балки; в – несправний стан фрикційних клинів – відсутність видимого індикатора на вертикальній поверхні клина; 1 – нижня поверхня індикатора; 2 – верхня частина надресорної балки

Рисунок Б.3 – Положення нижньої мітки індикатора клина відносно поверхні надресорної балки візків мод. 18-9810,18-9855 (BARBERS-2-R) [70, 143, 172]

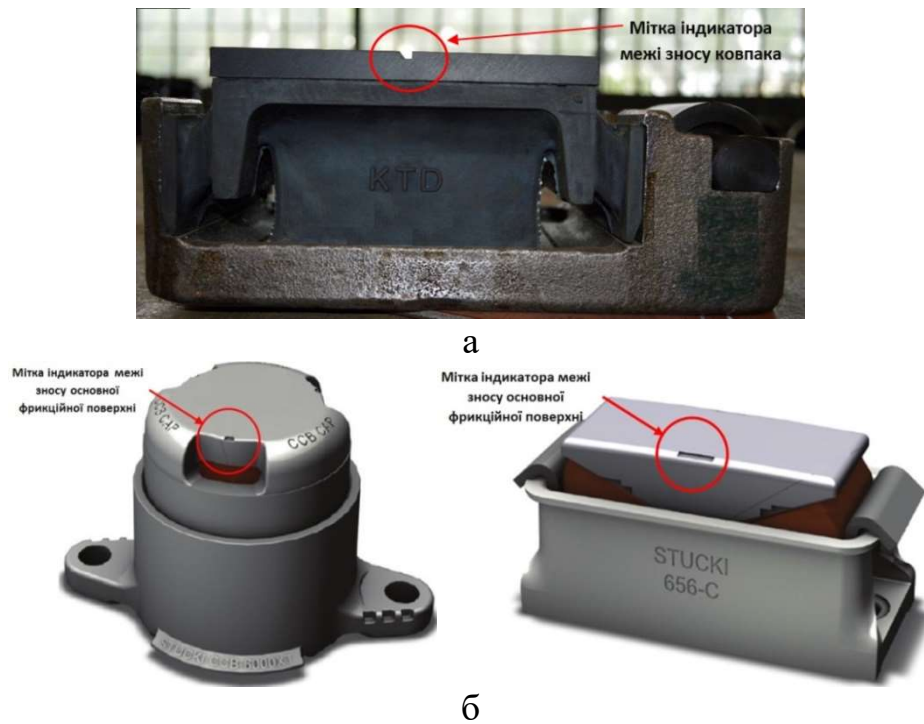
Контроль зносу ковпака ковзуна. Для гасіння коливань кузова вагона, обмеження виляння візків та підвищення стійкості руху сучасні та модернізовані візки оснащують пружними ковзунами постійного контакту. На новому ковпаку ковзуна по чотирьох кутах розташовані канавки-індикатори 5 (рис. Б.4) глибиною 3 мм для контролю його робочої поверхні.



1 - корпус; 2 – зовнішня пружина; 3 – внутрішня пружина; 4 – ковпак; 5 – канавки- індикатори зносу; 6 – болти

Рисунок Б.4 – Ковзун пружний візків мод. 18-9810,18-9855 (BARBERS-2-R) [70, 143, 172]

Ковпак ковзуна повинен бути замінений, коли будь-який індикатор зносу стерся. Виконання, розміщення та кількість міток можуть бути різними залежно від виробника ковзуна та моделі візка, як це показано на рис. 3.6.



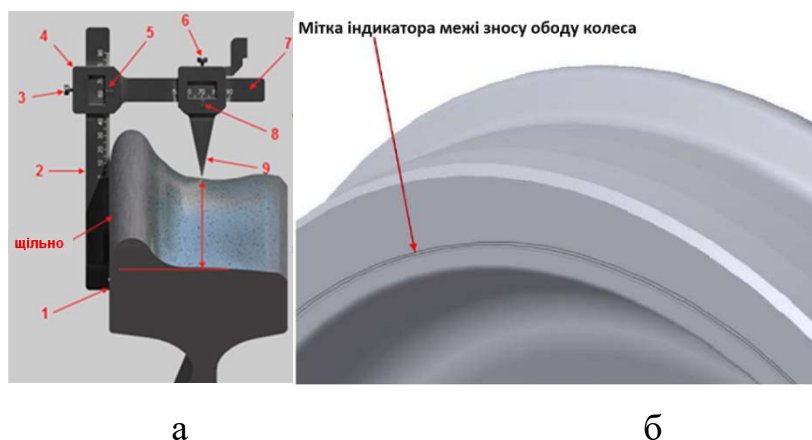
а – ковзун візка ZK1; б – модернізовані ковзуни компанії А. StuckiCompany
Рисунок Б.5 – Варіанти виконання міток індикаторів межі зносу основної фрикційної поверхні кришки пружного ковзуна постійного контакту візка вантажного вагона

Контроль зносу адаптера. Міждержавний стандарт «Буксы и адаптеры для колесных пар тележек грузовых вагонов. Общие технические условия» рекомендує застосовувати на опорній поверхні під підшипник, опорній поверхні під бокову раму, а також на інших схильних до зносу поверхнях адаптера візуальні індикатори граничного зносу [43]. Приклад виконання такого індикатора граничного зносу адаптера показаний на рис. Б.6.



Рисунок Б.6 – Адаптер з індикатором зносу опорної поверхні під бокову раму візків мод. 18-9810, 18-9855 (BARBERS-2-R)

Мінімально допустима товщина обода колеса. Один з багатьох можливих варіантів індикації мінімально допустимої товщини обода колеса – за допомогою спеціальної проточки на торці обода – наведено на рис. Б.7, б, а на рис. Б.7, а зображено існуючий спосіб визначення граничної товщини обода колеса.

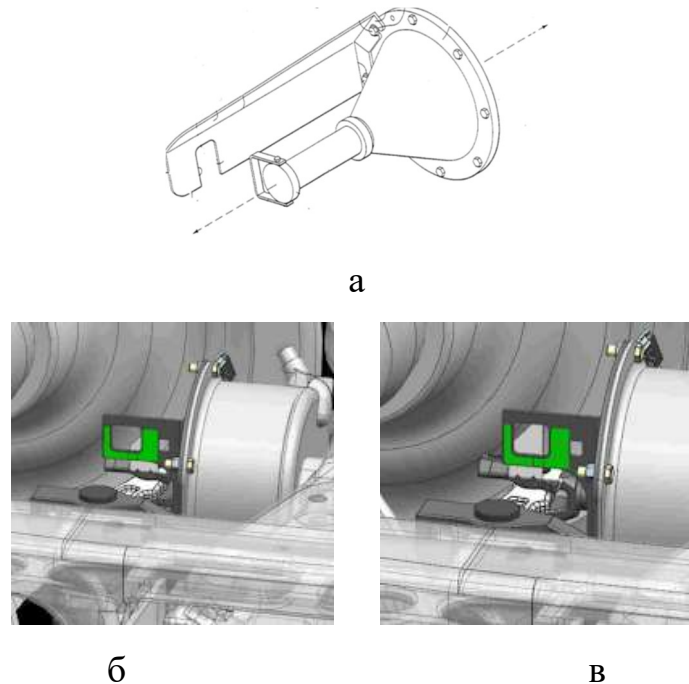


а – визначення товщини обода колеса за допомогою товщиноміра; б – визначення граничної товщини обода колеса за допомогою контрольної риски
Рисунок Б.7 – Індикація мінімально допустимої товщини обода колеса:

Лінійку 2 потрібно щільно притиснути до внутрішньої грані колеса. При цьому виступ 1 повинен упиратися в обід або бандаж колеса. Риска 8 движка 9 товщиноміра встановити на відстані 70 мм від внутрішньої грані обода або бандажа (проти поділки 70 на лінійці 7) і закріпити движок у цьому положенні гвинтом 6. Лінійку з движком 4 опустити до контакту ніжки 9 з поверхнею

кочення колеса й закріпити гвинтом 3. Зняти товщиномір з колеса і проти риски 5 на движку 4 прочитати на шкалі лінійки 2 цифру, яка вказує товщину обода.

Гальмівне обладнання. Пристрій для вимірювання руху поршня кріпиться до передньої кришки гальмівного циліндра [176]. Пристрій містить фланець, призначений для установки на циліндрі, подовжений корпус, який виступає з фланця вздовж осі переміщення поршня, і щонайменше один індикатор виходу штока (рис. Б.8).



а – технічне рішення, захищене патентом США; б, в –показчик виходу штока поршня піввагона моделі 12-9548-02 на візках моделі 18-6863 при відпущених та загальмованих гальмах відповідно

Рисунок Б.8 – Гальмівний циліндр з пристроєм вимірювання руху поршня. [176].

Недоліком такого технічного рішення для вимірювання руху поршня гальмівного циліндра є недостатня точність визначення переміщення штока поршня.

Візуальний індикатор виходу поршня гальмівного циліндра залізничного вагона містить пристрій, розташований на зручній для огляду відстані від гальмівного циліндра [182]. Показником величини виходу штока є

за своєю конфігурацією стрижень, який розташований у зручній для огляду зоні. При спрацюванні на гальмування гальмівного циліндра може бути визначений вихід штока поршня за позначками на індикаторі та стрижні. Стрижень з'єднаний з трубою штока за допомогою підшипникового вузла, що забезпечує відносне обертання між стрижнем і трубою штока (рис. Б.9).

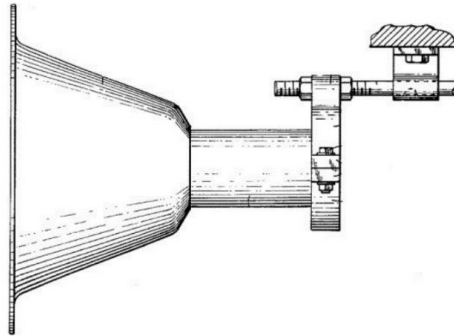
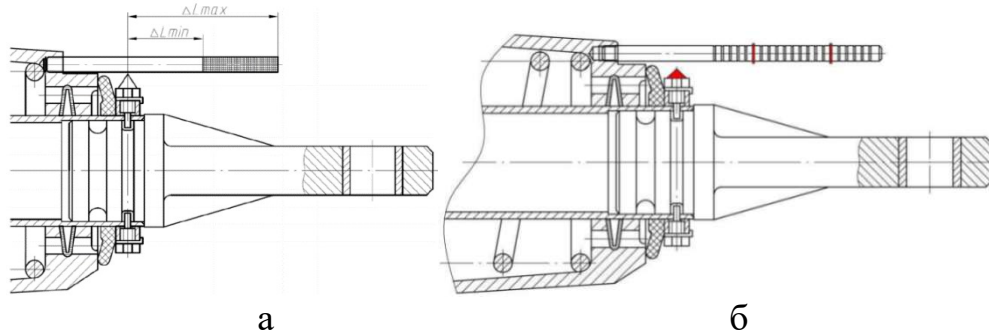


Рисунок Б.9 – Гальмівний циліндр з візуальним індикатором виходу поршня гальмівного циліндра (США)

На основі цього патенту ВАТ «Транспневматика» (Російська Федерація) запропоновано варіанти виконання індикаторів виходу штока поршня гальмівного циліндра (рис. Б.10).



а – шаблонна шпилька; б – універсальна шпилька та штопорні кільця

Рисунок Б.10 – Індикатори штока поршня (Російська Федерація)

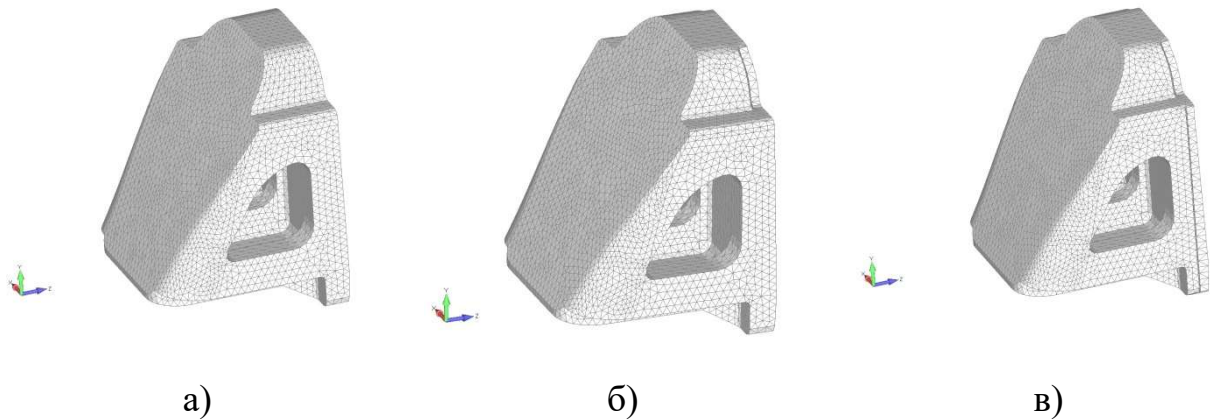
Недоліком таких індикаторів виходу штока поршня є спосіб їх виконання. У процесі експлуатації індикатори будуть забруднюватися, необхідно буде провести їх очищення, що ускладнює роботу оглядача вагонів.

ДОДАТОК В

Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів
візків вантажних вагонів

Розрахунок впливу індикаторів контролю граничного стану на міцність фрикційного клина

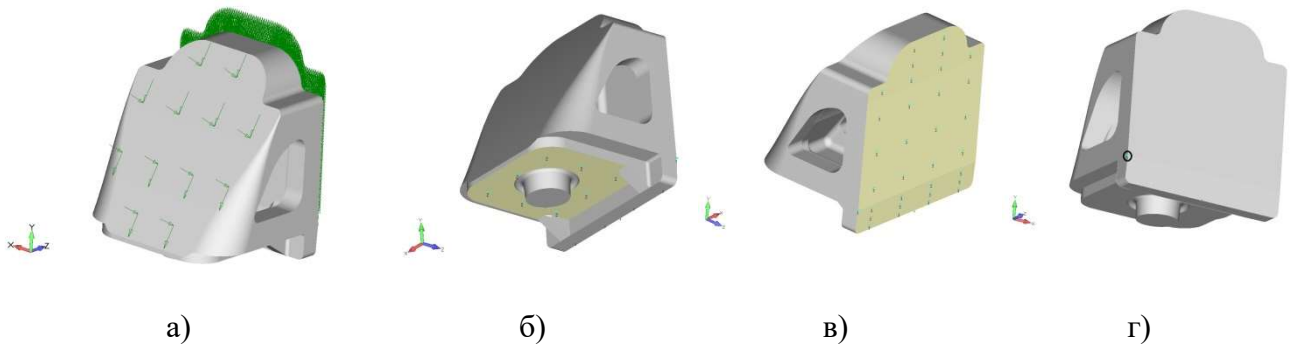
Геометричні 3D-моделі фрикційних клинів були розбиті на скінченні елементи з розміром ребра 5 мм – 10-вузлові тетраедри, в отриманій сітці 140 тис. елементів та 156 тис. вузлів, рисунок В.1.



а) базовий варіант клина без індикаторів; б) варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в) варіант виконання індикатора у вздовж усієї вертикальної поверхні клина

Рисунок В.1 – Скінчено-елементна сітка

Під час розрахунку фрикційного клина на міцність до похилої поверхні прикладалася рівномірно розподілена сила N_1 , орієнтована по нормалі до поверхні в бік центра ваги фрикційного клина і сила тертя F_1 , а до вертикальної поверхні – сила тертя F_2 (рис. В.2, а). Нижня поверхня клина має обмеження переміщення по осі Y (рис. В.2, б). Вертикальна поверхня має обмеження переміщення по осі Z (рис. В.2, в). Точка на боковій поверхні клина має обмеження переміщення по осі X (рис. В.2, г).

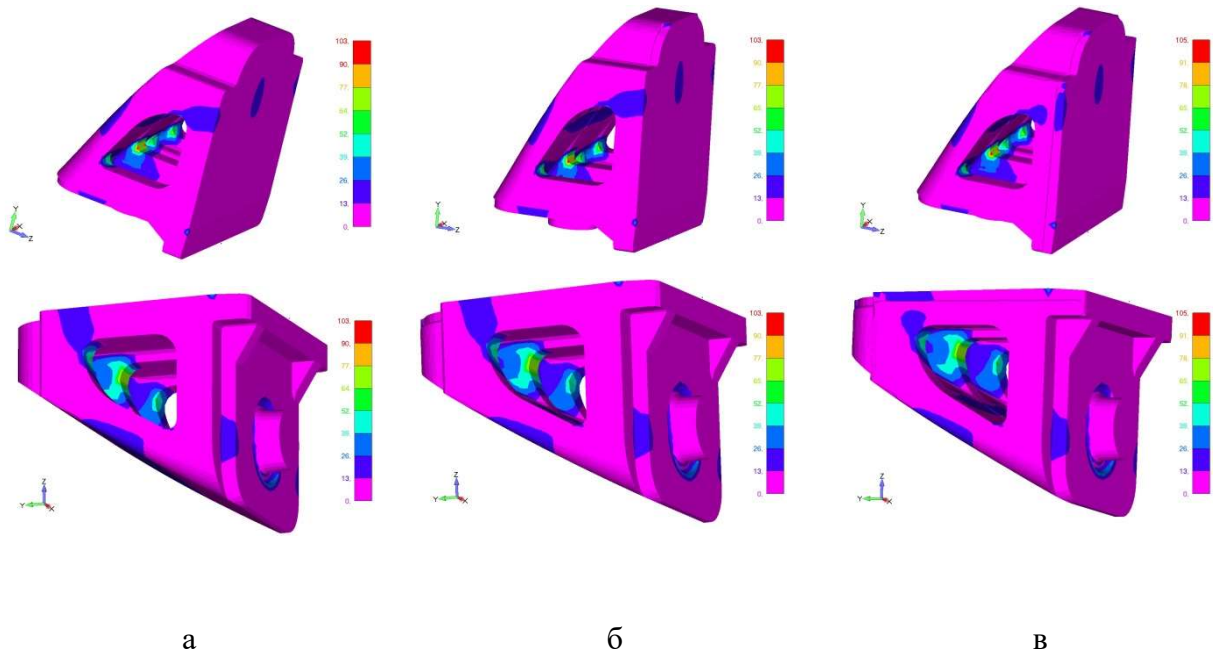


а – рівномірно розподілена сила N_1 , F_1 і F_2 ; б – обмеження переміщення по осі Y ; в – обмеження переміщення по осі Z ; г – обмеження переміщення по осі X

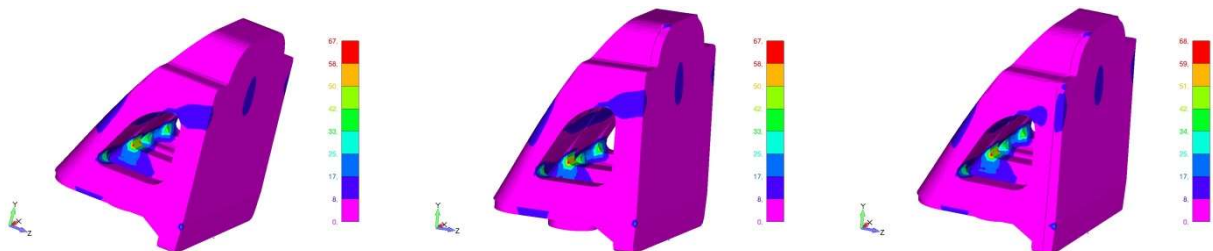
Рисунок В.2 – Схема закріплення та прикладання навантажень до клина

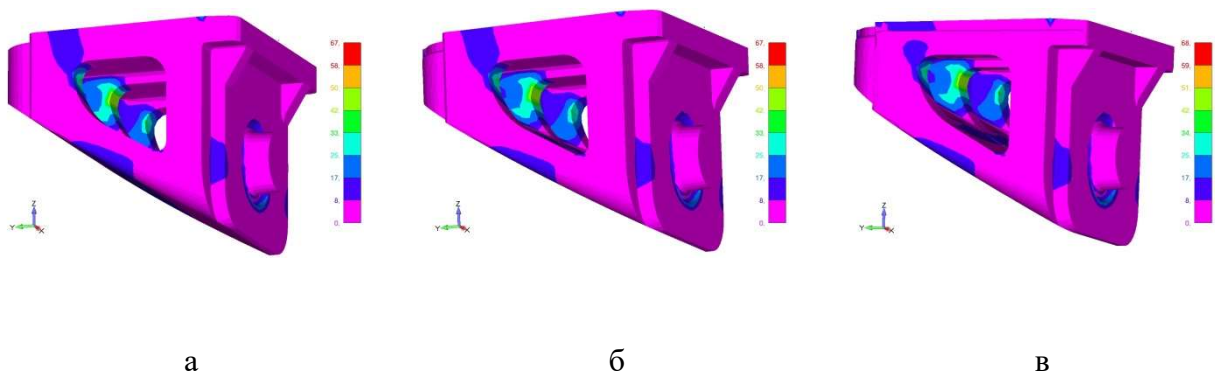
Значення еквівалентних напружень які виникають у фрикційних клинах при дії навантажень за I та III розрахунковим режимах наведені на рисунку В.3.

I розрахунковий режим



III розрахунковий режим





а) базовий варіант клина без індикаторів; б) варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в) варіант виконання індикатора уздовж усієї вертикальної поверхні клина

Рисунок В.3 – Розподіл еквівалентних напружень у фрикційних клинах за I та III розрахунковими режимами при дії зусиль за схемою навантаження рис.3.9 а

Результати розрахунків за двома схемами прикладання сили (рис.3.9) зведено в таблицю В.1.

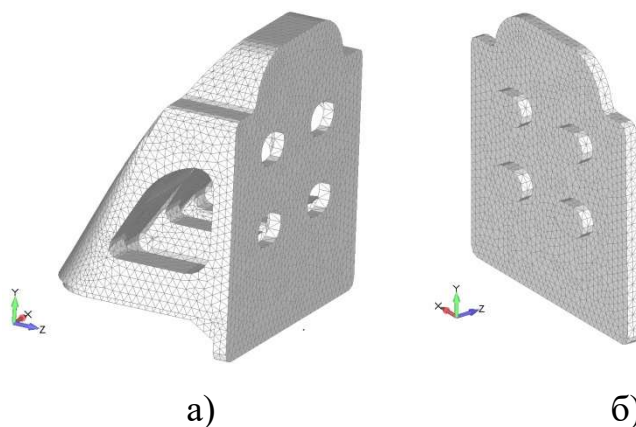
Таблиця В.1 – Максимальні значення напружень у фрикційних клинах

I розрахунковий режим		
103/94 МПа	103/94 МПа	105/94 МПа
III розрахунковий режим		
67/61 МПа	67/61 МПа	68/61 МПа
а	б	в
Примітка: чисельник – при русі вниз, знаменник – при русі вгору; а – базовий варіант клина без індикаторів; б – варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в – варіант виконання індикатора уздовж усієї вертикальної поверхні клина		

Оцінка міцності запропонованої конструкції фрикційного клина та змінної накладки

Геометричні 3D-моделі фрикційного клина та змінної накладки були розбиті на скінченні елементи з розміром ребра 5 мм – 10-вузлові тетраедри, рисунок В.4. В отриманій сітці тіла клина 89,5 тис. елементів та 136 тис. вузлів,

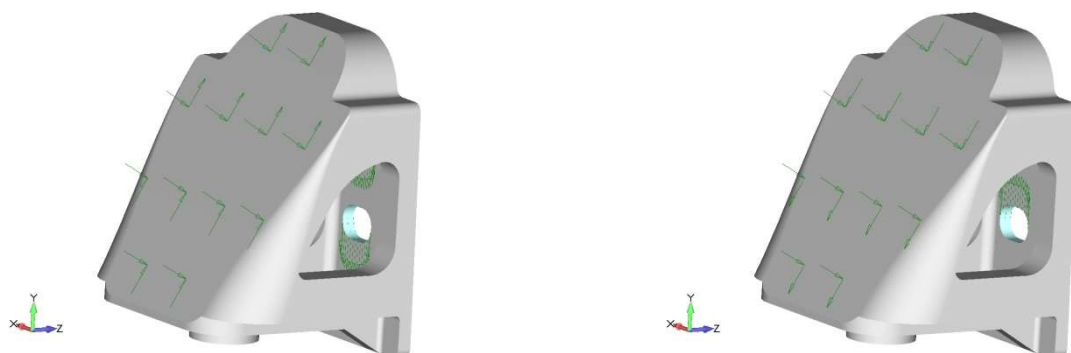
у сітці змінної повномірної накладки 16 тис. елементів та 27,2 тис. вузлів, у сітці змінної зношеної накладки – 8,5 тис. елементів та 17 тис. вузлів.



а) тіло фрикційного клина; б) змінна накладка

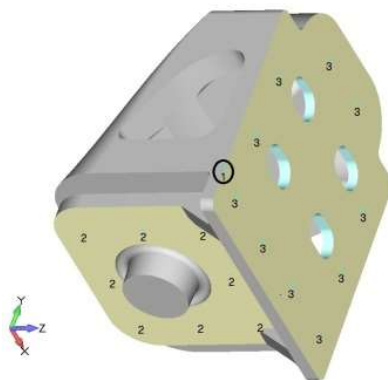
Рисунок В.4 – Скінчено-елементна сітка

Закріплення та прикладання сил до елементів запропонованої конструкції клина наведено на рисунку В.5



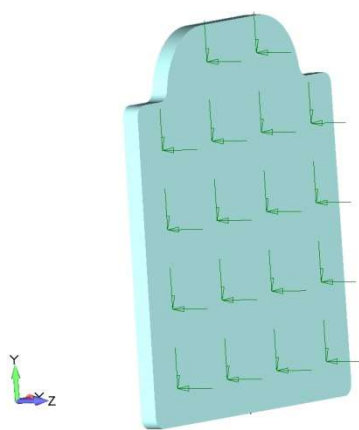
Прикладання навантажень N_1 , F_1 , F_2 (згідно з рис.3.9 б)

Прикладання навантажень N_1 , F_1 , F_2 (згідно з рис.3.9 а)

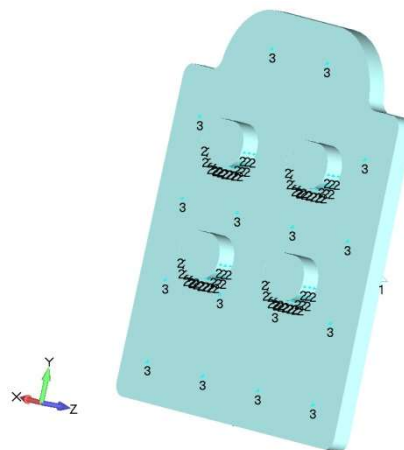


Закріплення

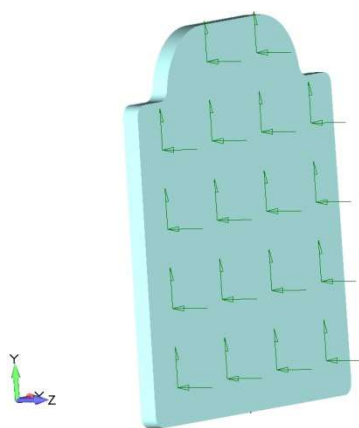
а



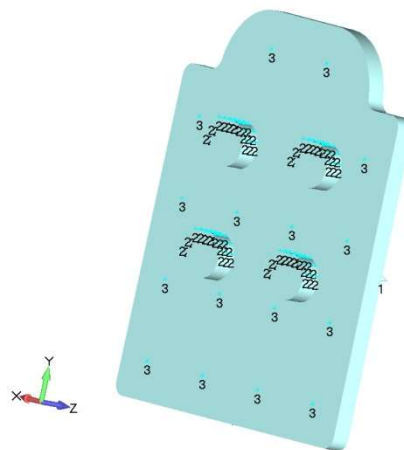
Прикладання навантажень N_2 та F_2 (згідно з рис.3.9 б)



Закріплення



Прикладання навантажень N_2 та F_2 (згідно з рис.3.9 а)



Закріплення

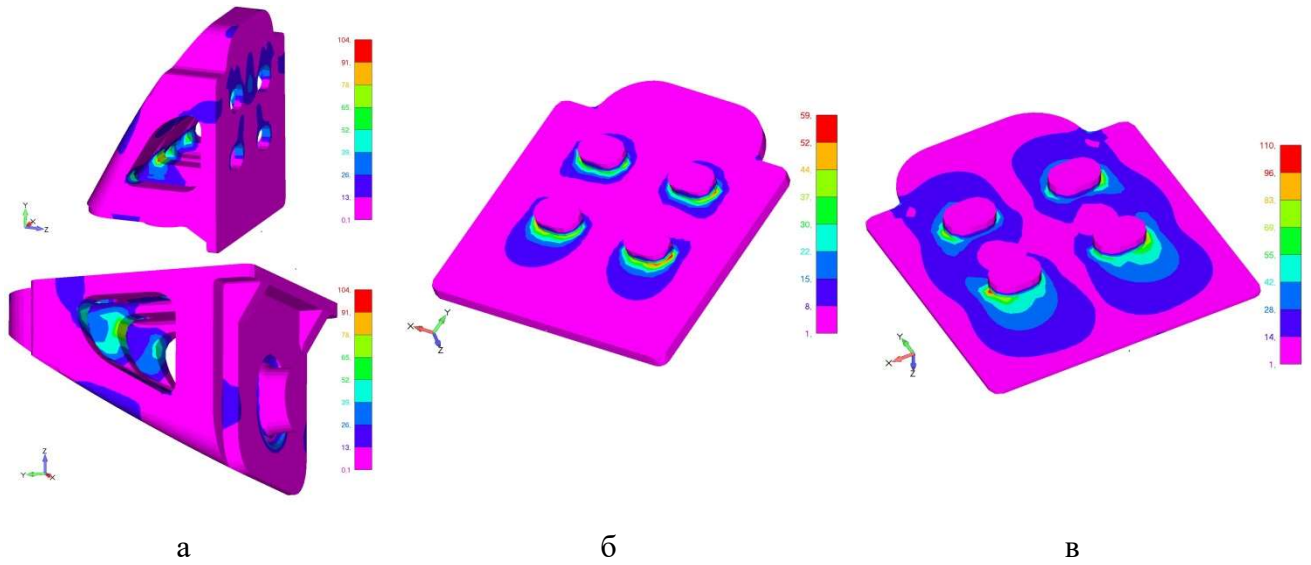
б

а) клин; б) змінна накладка

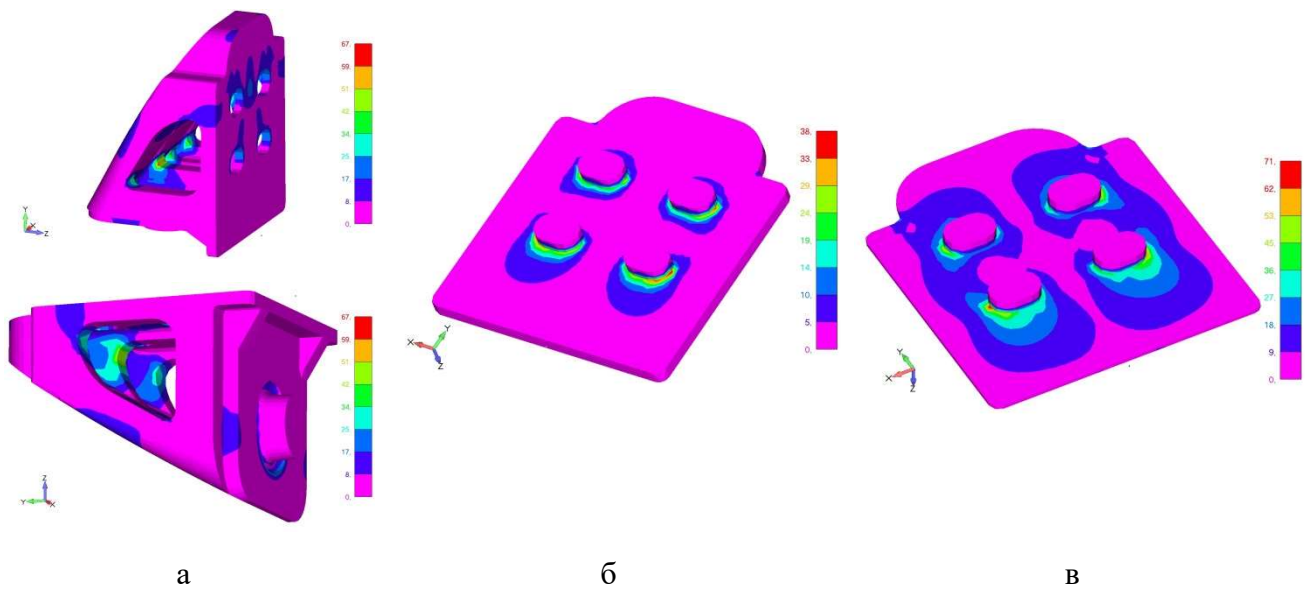
Рисунок В.5 – Схема закріплення та прикладання навантажень

Значення еквівалентних напружень, які виникають у тілі фрикційного клині та змінній накладці при дії навантажень за I та III розрахунковим режимах, наведені на рисунку В.6.

І розрахунковий режим



ІІІ розрахунковий режим



а) тіло фрикційного клина; б) повномірна змінна накладка; в) зношена змінна накладка

Рисунок В.6 – Розподіл еквівалентних напружень за І та ІІІ розрахунковими режимами (а – при дії зусиль за схемою навантаження рис.3.9 а; б, в – при дії зусиль за схемою навантаження рис.3.9 б)

Результати розрахунків за двома сходами прикладання сили (рис.3.9) зведено в таблицю В.2.

Таблиця В.2 – Максимальні значення напружень у тілі фрикційного клина та змінній накладці

І розрахунковий режим		
104/95 МПа	45/59 МПа	87/110 МПа
ІІ розрахунковий режим		
67/61 МПа	29/38 МПа	56/71 МПа
а	б	в
Примітка: чисельник – при русі вниз, знаменник – при русі вгору; а – тіло фрикційного клина; б – повномірна змінна накладка; в – зношена змінна накладка		

ДОДАТОК Г

Перелік регламентованих робіт та операцій контролю технічного стану вантажного вагона (на прикладі універсального піввагона) з метою оцінки його технічного стану й продовження терміну експлуатації

Таблиця Г.1– Перелік регламентованих робіт та операцій контролю технічного стану вантажного вагона (на прикладі універсального піввагона) з метою оцінки його технічного стану та продовження терміну експлуатації

Вузол вагона	Контроль технічного стану	Найменування робіт	Критерій стану	Нормативний документ (НД)
1	2	3	4	5
Буксові вузли	Огляд і обстукування букс (діагностування буксового вузла); Проміжна ревізія буксового вузла	Проведення проміжної ревізії	A	ЦВ – ЦДЛ-0058 «Інструкція по експлуатації та ремонту вагонних букс з роликовими підшипниками»
		Заміна колісної пари в разі виявлення недопустимих пошкоджень буксового вузла згідно з НД	A	
Колісні пари	Огляд і обстукування колеса; Огляд поверхні кочення колеса на наявність дефектів; Обмір обода і гребеня колеса шаблонами; Огляд місця сполучення маточини колеса і підматочинної частини осі колісної пари; Огляд осі колісної пари; Обмір колісної пари	Усунення гострокінцевого накату гребеня колеса, навару засобами малої механізації	A	ЦВ-ЦДЛ-0060 «Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар»
		Можливі пошкодження колісної пари відповідно до класифікатора несправностей вагонних колісних пар та їх елементів: - зноси (прокат, знос гребеня, тонкий обід, протертість на середній частині осі та ін.), термомеханічні пошкодження (навари, повзуни, зварні опіки), викошування металу (різні типи вищербин), порушення геометричного параметра та відхилення форми (ширина обода, відстань між внутрішніми боковими поверхнями ободів коліс, ін.) - механічні пошкодження (обрив болтів торцевого кріплення, зсув колеса на вісі та ін.), порушення суцільності металу (тріщини), злами	A	
			B	
		Заміна колісної пари в разі виявлення недопустимих пошкоджень та зносів колісної пари згідно з НД	B	
Візки (з викочуванням)	Огляд вузлів і деталей візка (надресорної балки, бічних рам, пружин, клинів, планок, ковзунів); Обмір підп'ятника; Контроль наявності шворня; Контроль обриву заклепок фрикційної планки або їх ослаблення; Контроль зазорів ковзунів візка; Огляд деталей зносостійких елементів (у модернізованих візках); Контроль завищення клина фрикційного гасника коливань	Заміна (установка) болта кріплення коробки ковзуна	A	ЦВ-0015 «Інструкція по ремонту візків вантажних вагонів»
		Заміна (установка) шворня	A	
		Регулювання зазору ковзуна	A	
		Заміна коробки ковзуна	A	
		Усунення ослаблення деталей пружно-коткового ковзуна	A	
		Заміна несправних деталей пружно-коткового ковзуна	A	
		Усунення зазору у вузлі пружно-коткового ковзуна візка і рами вагона	A	
		Підбір та заміна несправних пружин ресорного комплексу	A	
		Підбір та заміна змінних деталей вузла фрикційного гасника коливань	A	
		Заміна несправних деталей модернізації візка	A	
		Заміна (установка) деталей важільної передачі	A	
		Змащення поверхні тертя підп'ятника та ковзуна мастилом	A	
		Обмір, підбір та заміна надресорної балки	B	
		Обмір, підбір та заміна бокової рами візка	B	
		Заміна візка у разі виявлення недопустимих в експлуатації пошкоджень згідно з НД	B	

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5
Автозцепний прилад	Огляд корпусу автозчепу; Перевірка дії механізму автозчепу на саморозчеплення; Контроль зазору між стелею ударної розетки і хвостовиком корпусу автозчепу; Замір висоти осі автозчепу над рівнем верху головок рейок; Контроль відстані від голови автозчепу до ударної розетки; Обмір шаблонами автозчепу; Огляд центрувального приладу автозчепу; Огляд ударної розетки; Огляд розчіпного приводу; Огляд поглинального апарата; Огляд клина, деталей кріплення клина, підтримуючої планки, задніх і передніх упорів, тягового хомута, вимір зазорів між упором і упорною плитою	Заміна несправних деталей механізму автозчепу	A	ЦВ-ЦЛ-ЦТ-0014 «Інструкції по ремонту і обслуговуванню автозчепного пристрою рухомого складу залізниць України»
		Заміна поглинального апарата в зборі	A	
		Заміна тягового хомута	A	
		Заміна клина тягового хомута	A	
		Заміна підтримуючої планки	A	
		Заміна упорної плити поглинального апарата	A	
		Заміна (правка) важеля розчіпного приводу	A	
		Заміна кронштейна важеля розчіпного приводу	A	
		Заміна ланцюга розчіпного приводу	A	
		Встановлення (за відсутності) або заміна маятникової підвіски	A	
		Встановлення (за відсутності) або заміна центрувальної балочки	A	
		Усунення ослаблення кріплення кронштейна важеля розчіпного приводу	A	
		Усунення ослаблення кріплення болтів клина тягового хомута	A	
		Усунення ослаблення кріплення підтримуючої планки тягового хомута	A	
		Заміна автозчепу в зборі у разі виявлення недопустимих пошкоджень згідно з НД	B	
Гальмівне обладнання	Огляд з'єднуючого рукава з головою і кільцем, кінцевого крана; Огляд кронштейнів кріплення гальмівної магістралі; Огляд повітропроводу й роз'єднувального крана; Огляд кріплення і стану гальмівних приладів: двокамерного резервуара, головної і магістральної частин повітророзподільника, запасного резервуара, гальмівного циліндра, випускного клапана з ланцюгом, авторежиму, положення режимного перемикача Огляд деталей гальмової важільної передачі й запобіжних пристроїв; Огляд деталей гальма на візку вагона – вертикальних важелів, горизонтальних тяг, запобіжних пристроїв, тріангеля, підвіски гальмівних башмаків, гальмових башмаків, гальмівних колодок, їх кріплення	Заміна з'єднувального рукава	A	ЦВ-ЦЛ-0013 «Інструкція по ремонту гальмового обладнання вагонів»
		Заміна кінцевого крана	A	
		Встановлення (за відсутності) ручки кінцевого крана	A	
		Заміна ущільнювального кільця з'єднувального рукава	A	
		Усунення ослаблення кріплення гальмівної магістралі	A	
		Усунення витоків стисненого повітря в гальмівній системі вагона	A	
		Встановлення (за відсутності) ручки роз'єднувального крана	A	
		Встановлення (за відсутності) пробки гальмівного циліндра	A	
		Усунення ослаблення кріплення робочої камери повітророзподільника	A	
		Усунення ослаблення кріплення головної частини повітророзподільника	A	
		Усунення ослаблення кріплення магістральної частини повітророзподільника	A	
		Усунення ослаблення кріплення гальмівного циліндра	A	
		Усунення ослаблення кріплення запасного резервуара	A	
		Усунення ослаблення кріплення авторежиму	A	
		Заміна запасного резервуара	A	
		Заміна важелів	A	
		Заміна авторегулятора	A	
		Заміна тріангеля	A	
		Заміна підвіски гальмівного башмака	A	
		Заміна гальмівного башмака	A	

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5
Гальмівне обладнання	Огляд деталей стоянкового гальма; Перевірка стану автоматичного регулятора гальмової важільної передачі	Заміна запобіжних пристроїв гальмівної важільної передачі	A	
		Ремонт зварюванням кронштейна двокамерного резервуара повітророзподільника	A	
		Ремонт зварюванням кронштейна гальмівного циліндра	A	
		Заміна гальмівного циліндра	A	
		Встановлення (заміна) підводящої гальмівної трубки;	A	
		Заміна роз'єднувального крана	A	
		Заміна трійника гальмівної магістралі	A	
		Заміна двокамерного резервуара повітророзподільника	A	
		Заміна головної частини повітророзподільника	A	
		Заміна магістральної частини повітророзподільника	A	
		Очищення сітчастих фільтрів повітророзподільника	A	
		Заміна авторежиму	A	
		Усунення витоку повітря в пневмосистемі гальмівного обладнання	A	
		Ремонт стоянкового гальма	A	
		Усунення ослаблення кріплення балочки авторежиму	A	
		Регулювання зазору між авторежимом і балочкою	A	
		Встановлення (за відсутності) ланцюжка випускного клапана	A	
		Регулювання довжини ланцюжка випускного клапана	A	
		Усунення ослаблення кріплення або заміна ручки режимного перемикача	A	
		Регулювання гальмової важільної передачі	A	
		Встановлення типових валиків, шайб і шплінтів шарнірного з'єднання важільної передачі	A	
		Усунення ослаблення кріплення запобіжних пристроїв гальмівної важільної передачі	A	
		Заміна валика підвіски гальмових башмаків	A	
		Заміна втулок підвіски гальмових башмаків	A	
		Заміна або встановлення гальмівної колодки	A	
		Заміна або встановлення чоки гальмівної колодки	A	
		Усунення ослаблення кріплення гальмівної колодки	A	
		Усунення ослаблення кріплення або установка змінних деталей типового шарнірного з'єднання вертикальних важелів і горизонтальних тяг	A	
		Усунення ослаблення кріплення або установка змінних деталей типового шарнірного з'єднання підвіски гальмових башмаків	A	
		Усунення ослаблення кріплення або установка змінних деталей типового шарнірного з'єднання деталей стоянкового гальма	A	
		Регулювання гальмівної важільної передачі. Випробування гальм	A	
		Заміна елементів гальмівного обладнання у разі виявлення недопустимих в експлуатації пошкоджень згідно з НД	A	

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5
Кузов вагона	Огляд торцевих стін вагона, стійок, обшивки, перехідного майданчика (за наявності), кронштейна сигнального диска, поручнів; Огляд бічної стіни вагона, трафаретів і написів, стійок, обшивки, верхньої і нижньої обв'язок, кришок люків, скоби стійок, ув'язувальних скоб, торсіонів, підніжки складача, поручнів; Замір кузова вагона на перекіс; Замір розширення кузова вагона; Замір тріщин кузова вагона; Виконання ультразвукової товщинометрії	Ремонт перехідної площадки (за наявності)	A	«Інструкція по зварюванню та наплавленню при ремонті вантажних вагонів і контейнерів» ЦВ-0019; «Типовий технологічний процес ремонту зварюванням несучих елементів вантажних вагонів» ТК-47 ПКВ ЦВ
		Ремонт поручня складача	A	
		Ремонт підніжки складача	A	
		Усунення розширення кузова вагона	A	
		Огляд, правка, ремонт зварюванням тріщин і зламів, посилення накладками або заміна верхньої і нижньої обв'язки вагона	A	
		Огляд, правка, ремонт зварюванням тріщин і зламів, посилення накладками стійок і розкосів	A	
		Ремонт зварюванням порога дверей	A	
		Ремонт зварюванням кришки люка	A	
		Демонтаж та монтаж кришки люка	A	
		Ремонт деталей кріплення люка	A	
		Ремонт деталей кріплення торсіонного пристрою люка	A	
		Заміна торсіонного пристрою люка	A	
		Ремонт запірного пристрою люка	A	
		Заміна деталей запірного пристрою люка	A	
		Ремонт зварюванням бічних стін вагона	A	
		Ремонт зварюванням торцевих стін вагона	A	
		Заварка дефектів зварних швів листів зовнішньої обшивки	A	
		Заварка пробоїн і прорізів листів стіни	A	
		Встановлення валика кришки люка піввагона	A	
		Встановлення закидки (сектора) люка	A	
Установка валика дверей піввагона	A			
	Неможливо усунути пошкодження кузова технічним процесом та засобами механізованого пункту технічного обслуговування	B		
Рама	Огляд рами (кінцевих балок, хребтової балки, проміжних балок рами, шкворневих балок); Огляд і обмір п'ятників; Обмір ковзунів; Виконання ультразвукової товщинометрії	Ремонт зварюванням тріщин і обривів балок рами вагона	A	«Інструкція по зварюванню та наплавленню при ремонті вантажних вагонів і контейнерів» ЦВ-0019; «Типовий технологічний процес ремонту зварюванням несучих елементів вантажних вагонів» ТК-47 ПКВ ЦВ
		Ремонт зварюванням ковзуна на шкворневої балці	A	
		Усунення ослаблення п'ятника	A	
		Неможливо усунути пошкодження рами технічним процесом та засобами механізованого пункту технічного обслуговування	B	
Вагон в зборі	Приймання вагона, перевірка обсягу та якості виконаних на вагоні робіт			

Таблиця Г.2 – Критерії технічного стану вагона та необхідність проведення ремонту

Час діагностування	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР	Ремонт/заміна при технічному обслуговуванні	Направлення в ДР/КР
T3	A	B	A	-	A	B	A	B	A	-	A	B	A	B
T2	A	B	A	-	A	B	A	B	A	-	A	B	A	B
T1	A,B	-	A	-	A	B	A, B	-	A	-	A	B	A	B
TO	A, B	-	A	-	A,B	-	A, B	-	A	-	A	B	A	B
	Колісні пари		Буксові вузли		Візки		Автозчеми		Гальмівне обладнання		Кузов		Рама	
	Вузли вагона													

ДОДАТОК Д

Характерні несправності виявлені під час комісійних оглядів піввагонів



Рисунок Д.1 – Виконання ультразвукової товщинометрії несучих конструкцій кузова піввагона



а)



б)



в)

а) – вимірювання елементів ГВП; б) – повне розбирання, огляд та вимірювання

візка; в) – визначення зносів похилих поверхонь надресорної балки
Рисунок Е.2 – Огляд візків



а)



б)



в)



г)



д)



е)

а – наскрізна корозія обшиви кузова; б – механічні пошкодження кузова; в – деформації проміжних стійок торцевих стін; г – знос деталей механізму закривання кришок люків; д – корозійні та механічні пошкодження кришки розвантажувального люка; е – зігнутий поручень складача

Рисунок Д.3 – Виявлені пошкодження кузова



а



б

а – відсутні торсіони (найімовірніше стали об'єктом несанкціонованого втручання); б – злам торсіона

Рисунок Д.4 – Механізм підйому кришок люків



а



б



в

а – відсутній нижній ланцюжок розчіпного приводу; б – відсутність запобіжника від випадання маятникових підвісок при розвантаженні на вагоноперекидачі (приварений металевий стрижень); в – деформація маятнікової підвіски

Рисунок Д.5 – Пошкодження автозчепного пристрою



а



б



в



г



д



е



ж

а – нетипове кріплення гальмівної колодки; б – відсутність затяжки горизонтальних важелів ГВП (найімовірніше стала об'єктом несанкціонованого втручання); в – відсутність балочки авторежиму (найімовірніше стала об'єктом несанкціонованого втручання); г – тріщина та відкол полімерної втулки; д – відсутнє стоянкове гальмо та його елементи (привід, черв'як, черв'ячний сектор, тяга – найімовірніше стали об'єктом несанкціонованого втручання); е – місцевий знос валика підвіски башмаків;

ж – тертя гальмівного башмака об колесо через знос гальмівної колодки

Рисунок Д.6 – Пошкодження гальмівного обладнання



Рисунок Е.7 – Касетний підшипник (відсутній запобіжник від викочування колісної пари з-під візка, відсутня ув'язочна проволока болтів торцевого кріплення касетного підшипника, відігнута запобіжна планка від самовільного повернення болтів торцевого кріплення)



а



б



В



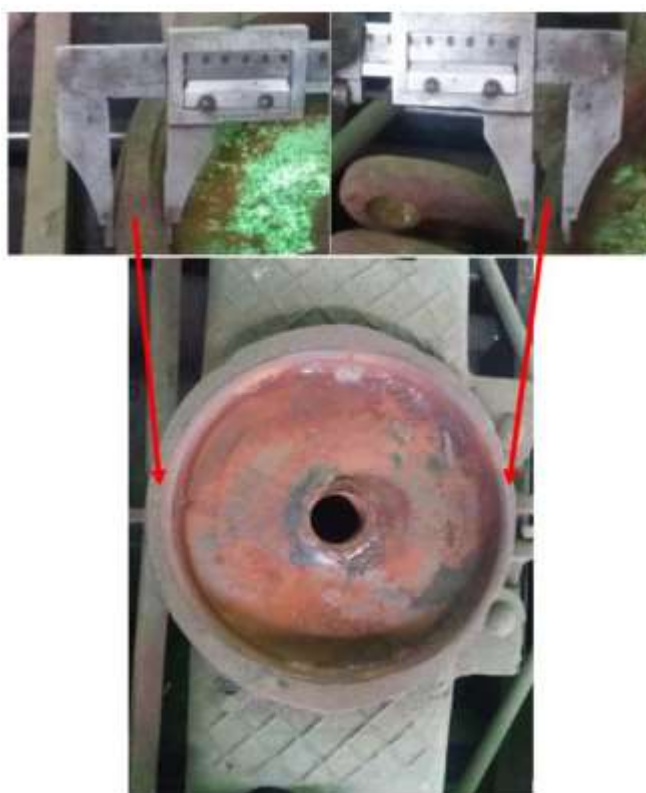
Г



Д



е



ж

а – нетипова зносостійка прокладка підп'ятника надресорної балки; б – стан зносостійкої накладки фрикційного клина візка; в – стан пружного елемента та ковпака ковзуна постійного контакту; г – злам верхнього витка зовнішньої пружини ресорного комплексу візка; д – знос вертикальної фрикційної поверхні фракційного клина; е – знос шворня; ж – знос бурта підп'ятника

Рисунок Д.8 – Стан візків

Додаток Е

Значення зміни товщини гребенів і інтенсивність зносу залежно від пробігу для коліс до і після обточування

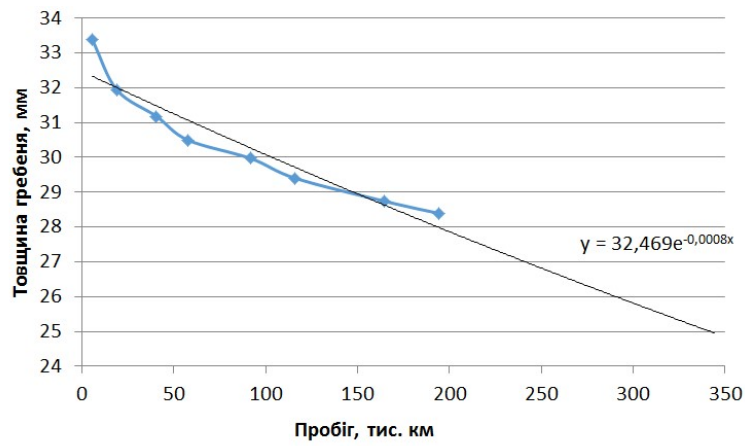


Рисунок Е.1 – Зміна товщини гребеня (модернізовані візки, до першого обточування)

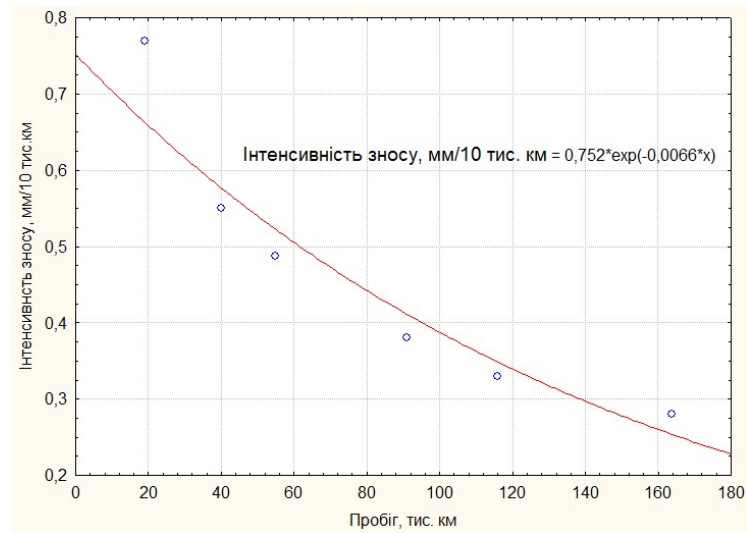


Рисунок Е.2 – Інтенсивність зносу (модернізовані візки, до першого обточування)

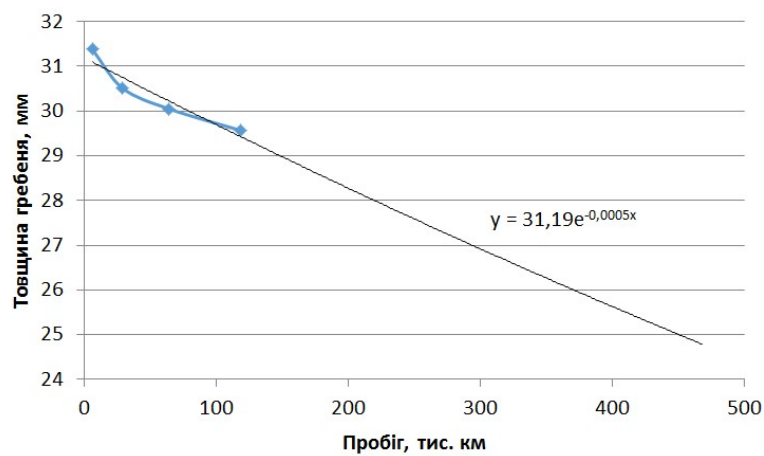


Рисунок Е.3 – Зміна товщини гребеня (модернізовані візки, після першого обточування)

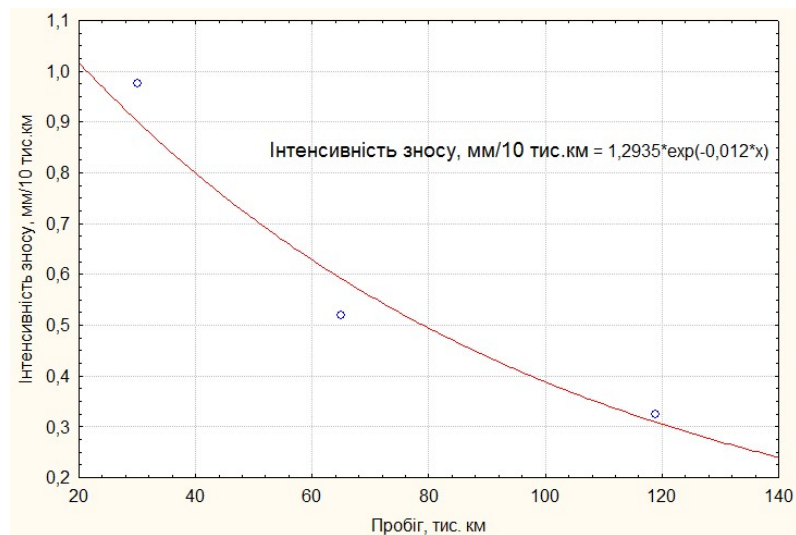


Рисунок Е.4 – Інтенсивність зносу
(модернізовані візки, після першого обточування)

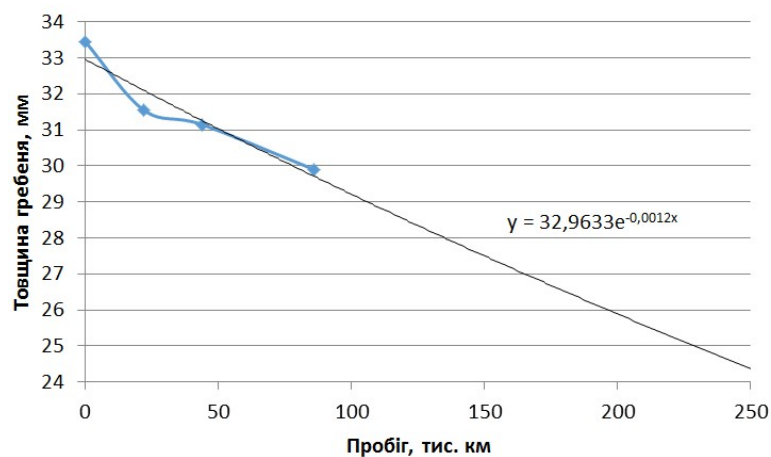


Рисунок Е.5 – Зміна товщини гребеня
(не модернізовані візки, до першого обточування)

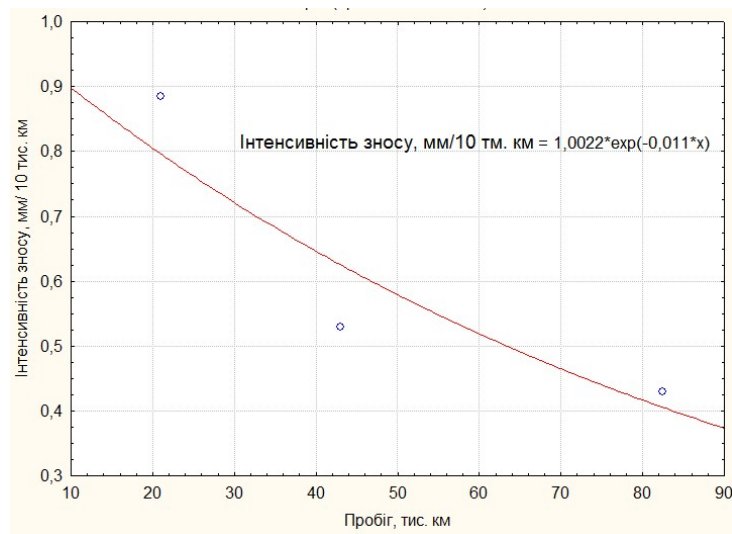


Рисунок Е.6 – Інтенсивність зносу
(не модернізовані візки, до першого обточування)

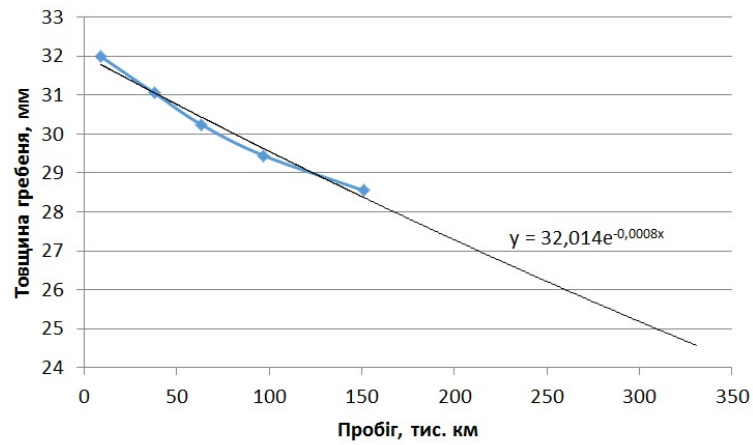


Рисунок Е.7– Зміна товщини гребеня
(не модернізовані візки, після першого обточування)

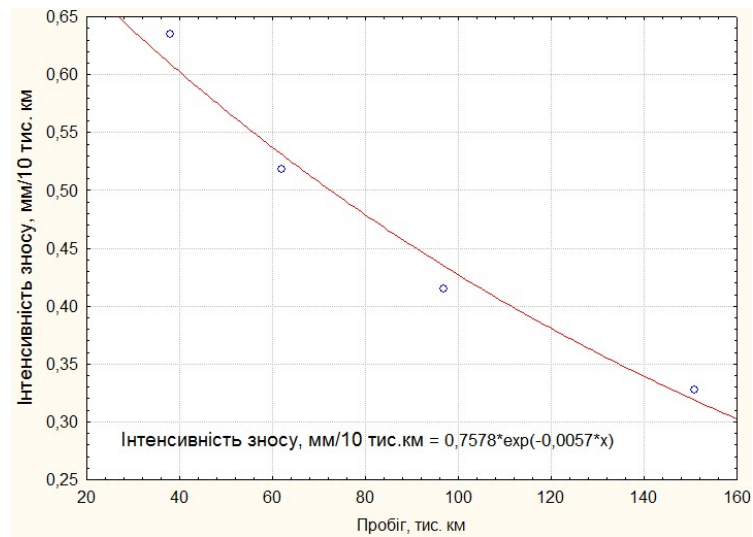


Рисунок Е.8 – Інтенсивність зносу
(не модернізовані візки, після першого обточування)

ДОДАТОК Ж

Дані для техніко-економічного обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів

Таблиця Ж.1 – Визначення рентабельності власного капіталу

Рік	Чистий фінансовий результат, млн грн		Середній власний капітал, млн грн		Власний капітал на кінець періоду, млн грн		Рентабельність власного капіталу, %	
	По Україні	Транспорт	По Україні	Транспорт	По Україні	Транспорт	По Україні	Транспорт
2016	13324,4	6622,533	1790507	727082,3	1806908,5	729340,6	0,74	0,91
2015	-373516	-17847,8	1627381	438080,6	1774104,6	724823,9	-22,95	-4,07
2014	-590067	-22591,6	1715516	165346,2	1480658	151337,3	-34,4	-13,66
2013	-22839,7	-1423,4	1927658	176269,8	1950374,9	179355,1	-1,18	-0,81
2012	35067,3	3127,7	1745612	179525,3	1904940,2	173184,5	2,01	1,74
2011	67797,9	2839,8	1506498	180235,4	1586284,7	185866	4,5	1,58
2010	13906,1	1348,7	1348125	169027,3	1426711,6	174604,7	1,03	0,8
2009	-37131,1	4889,5	1201571	155846,4	1269537,7	163449,8	-3,09	3,14
2008	-41025,1	234,5	1081690	139033,1	1133603,7	148242,9	-3,79	0,17
2007	–	–	–	–	1029775,5	129823,2	–	–

Таблиця Ж.2 – Визначення вартості життєвого циклу піввагона

Час від початку експлуатації, років	Фактор поточної вартості	Без застосування заходів		Із застосуванням заходів	
		витрати	поточна вартість	витрати	поточна вартість
1	2	3	4	5	6
0	1	830	830	830	830
1	0,86505	0	0		0
2	0,74831	0	0		0
3	0,64733	27	17,5	27	17,5
4	0,55998	0	0		0
5	0,48441	27	13,1	27	13,1
6	0,41904	0	0		0
7	0,36249	27	9,8	27	9,8
8	0,31357	0	0		0
9	0,27126	27	7,3	27	7,3
10	0,23465	0	0		0
11	0,20298	52,5	10,7	27	5,5
12	0,17559	0	0		0
13	0,15190	0	0	52,5	8
14	0,13140	27	3,5		0
15	0,11367	0	0		0
16	0,09833	27	2,7	27	2,7
17	0,08506	0	0		0
18	0,07358	27	2	27	2
19	0,06365	0	0		0

Кінець таблиці Ж.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
20	0,05506	27	1,5	27	1,5
21	0,04763	0	0		0
22	0,04120	-108	-4,5	27	1,1
23	0,03564	0	0		0
24	0,03083	0	0	27	0,8
25	0,02667	0	0		0
26	0,02307	0	0	-108	-2,5
Разом	—	990,5	893	1044,5	897

ДОДАТОК И

Описи до патентів на корисні моделі



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119461** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
B61F 15/00
B61K 9/06 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2017 03484	(72) Винахідник(и):	Мацюк Антон Сергійович (UA), Міщенко Андрій Анатолійович (UA), Оберняк Сергій Миколайович (UA), Шапошник Владислав Юрійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	10.04.2017	(73) Власник(и):	Мацюк Антон Сергійович, ж/м Тополя-1, б. 18, корп. 2, кв. 54, м. Дніпро (Дніпропетровська обл.), 49040 (UA), Міщенко Андрій Анатолійович, вул. Полкова, 27-а, м. Дніпро (м. Дніпропетровськ), 49010 (UA), Оберняк Сергій Миколайович, просп. Богдана Хмельницького, (вул. Героїв Сталінграда), 106, кв. 25, м. Дніпро (м. Дніпропетровськ), 49033 (UA), Шапошник Владислав Юрійович, просп. Івана Мазепи, (просп. Петровського), 47, кв. 16, м. Дніпро (м. Дніпропетровськ), 49064 (UA), ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.09.2017		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.09.2017, Бюл. № 18		

(54) БУКСОВИЙ ВУЗОЛ З ТЕМПЕРАТУРНИМ ІНДИКАТОРОМ

(57) Реферат:

Буксовий вузол, у якого на видиму частину букси або касетного підшипника нанесено температурний індикатор.

Корисна модель належить до транспорту та може бути використана при визначенні змін температури буксових вузлів транспортних засобів.

Проблема, на вирішення якої направлена корисна модель - це спрощення технології визначення буксових вузлів з підвищеною температурою в експлуатації.

Відома конструкція типового буксового вузла [Пастухов И.Ф. Конструкция вагонов. И.Ф. Пастухов, В.В. Мигунов, Р.О. Кошкалда - М.: Альянс, 2016.-504 с.]. Типові буксові вузли вантажних та пасажирських вагонів складаються з корпусу, двох циліндричних підшипників - переднього та заднього, кріпильної та оглядової кришок, лабіринтового кільця та елементів торцевого кріплення підшипників. Між корпусом та кріпильною кришкою встановлюється ущільнювальне кільце, а між оглядовою та кріпильною кришкою - гумова прокладка.

Недоліком відомого буксового вузла є відсутність можливості визначення температури без проведення безпосереднього вимірювання.

Відомим аналогом є датчик контролю перегріву букс залізничного засобу [патент № 5332, номер заявки № SU 2789814/SU, дата публікації патенту: 28.12.1994, бюл. № 7, МПК В61К 9/00], що містить термочутливий елемент, розміщений в корпусі, і електричний провід. З метою скорочення часу на установку і демонтаж датчика, та виключення пошкодження датчика при знятті його з букси, корпус датчика виконується у вигляді гладкостінної циліндричної втулки, що розміщується в отворі корпусу букси.

Недоліком цього технічного рішення є потреба втручання в корпус букси та наявність навислих елементів, таких як дроти, кронштейни тощо, які мають низьку надійність в експлуатації.

Найбільш близьким аналогом є система контролю нагрівання букс візків пасажирського вагона [патент № 63516, номер заявки № u201103375, дата публікації патенту: 10.10.2011, бюл. № 19, МПК В61К 9/04], що включає розташовані на буксових вузлах візків датчики температур з вихідними сигналами, що змінюються в залежності від зміни температури букс, розташований у вагоні електронний пристрій для обробки вихідних сигналів датчиків температур та засоби сповіщення і сигналізації, датчики температур інтегральні, з'єднані між собою паралельно і підключені до електронного пристрою для обробки вихідних сигналів датчиків, який виконаний у вигляді мікропроцесорного блока обробки сигналів і підключений до бортового реєстратора, який встановлений у щиті розподільному системи автоматичного управління, контролю та діагностики, що обладнаний дисплеєм для відображення вихідних сигналів інтегральних датчиків температур.

Недоліком цього технічного рішення є складність оснащення, ремонту та незахищеність від сторонніх втручань.

Технічна задача, на вирішення якої спрямована корисна модель, є зменшення трудомісткості та часу, що витрачаються на контроль нагріву буксового вузла в експлуатації, та підвищення безпеки проведення контролю.

Поставлену задачу вирішує температурний індикатор, який наноситься на видиму частину букси або касетного підшипника. Температурний індикатор реагує на температуру буксового вузла та візуально сповіщає про це відповідальну особу.

Вигляд, виконання, нанесення та розміщення контрольних індикаторів може виконуватися будь-яким зручним для зчитування даних способом і застосовується на всіх типах рухомого складу залізничного транспорту. З можливістю використання даного технічного рішення у всіх галузях де присутній нагрів підшипникового вузла.

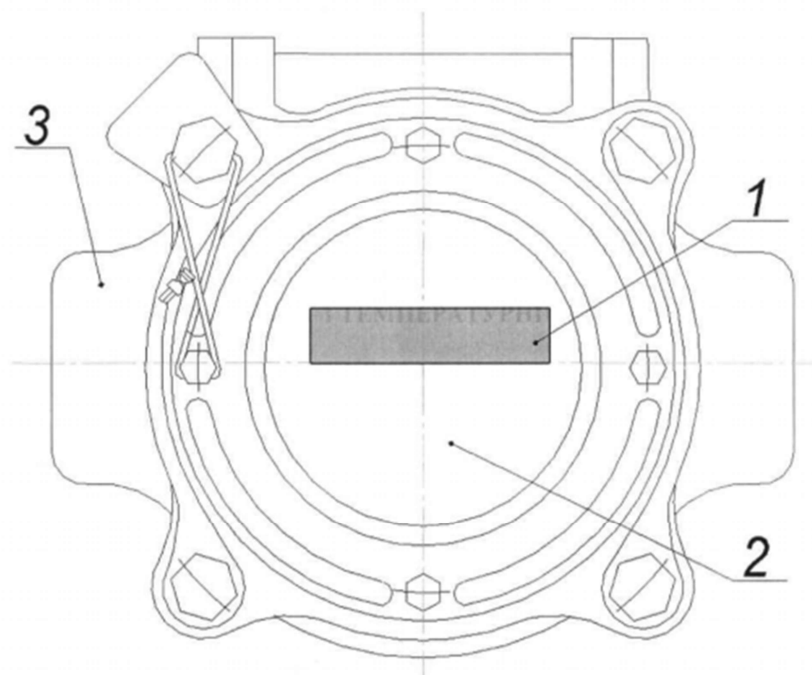
На Фіг. 1 зображено один з можливих прикладів виконання температурного індикатора. Температурний індикатор 1 у вигляді, наприклад, термофарби наноситься на оглядову кришку 2 корпусу букси 3 або торцевої шайби касетного підшипника. При виникненні несправності буксового вузла, яка супроводжується підвищенням температури, температурний індикатор 1 змінює свій колір. Відповідальна особа візуально отримує інформацію про несправність буксового вузла та приймає відповідне рішення згідно з діючими інструкціями.

Запропоноване технічне рішення підвищує безпеку руху, зменшує трудомісткість і час, що витрачаються на контроль виявлення букс з підвищеною температурою, поліпшує безпеку праці та може застосовуватися як під час руху, так і в момент прибуття на технічне обслуговування.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Буксовий вузол, який відрізняється тим, що на видиму частину букси або касетного підшипника нанесено температурний індикатор.
2. Буксовий вузол за п. 1, який відрізняється тим, що розміщення, виконання, нанесення індикатора виконують будь-яким зручним для зчитування даних способом.

UA 119461 U





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118741** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F15B 15/00
F15B 15/28 (2006.01)
B60T 17/08 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 01814**
(22) Дата подання заявки: **27.02.2017**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **28.08.2017**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **28.08.2017, Бюл. № 16**

(72) Винахідник(и):
Шапошник Владислав Юрійович (UA),
Мацюк Антон Сергійович (UA),
Оберняк Сергій Миколайович (UA),
Кліменок Микола Вікторович (UA),
Міщенко Андрій Анатолійович (UA),
Козловець Катерина Вікторівна (UA)
(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В.
ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10,
49010 (UA)

(54) ШТОК ПОРШНЯ ЦИЛІНДРА

(57) Реферат:

Шток поршня циліндра містить шток поршня, на якому закріплена головка та гумова шайба, яка захищає горловину кришки від потрапляння забруднень. На штоку поршня нанесені контрольні мітки (індикатори, показники тощо), кількість яких встановлюється в залежності від максимально допустимої величини виходу штока поршня.

Корисна модель належить до поршня циліндрів, а саме до їх штока.

Проблема, на вирішення якої направлена корисна модель - це спрощення технології виміру виходу штока поршня в експлуатації та підвищення безпеки праці оглядача вагонів.

Поставлену задачу вирішує шток поршня циліндра, який має чітко помітні контрольні мітки (індикатори, покажчики тощо) по довжині штока, які вказують величину його виходу з циліндра (кількість цих міток встановлюється в залежності від максимально допустимої величини виходу штока поршня, яка нормується чинними інструкціями).

Відомий гальмовий циліндр № 1885 для вагонів [Крылов, В.И. Автоматические тормоза подвижного состава / В.И. Крылов, В.В. Крылов - М.: Транспорт, 1972. - 320 с.]. Шток гальмового циліндра жорстко зв'язаний з поршнем за допомогою пальця. Манжети утримуються в канавці поршня за рахунок пружних властивостей гуми. Войлочне кільце притиснуто до циліндричної поверхні пластинчастою пружиною. Гумова шайба встановлена на трубі штока захищає горловину кришки від бруду при відпущених гальмах. Упорне кільце призначене для зняття кришки разом з поршнем та пружиною.

Відомий гальмовий циліндр рухомого складу [патент RU 2510343: B60T 17/08 B61H 15/00, дата публікації патенту: 27.03.2014]. Циліндр з авторегулятором зазорів містить корпус, кришки, що обмежують камеру тиску з підпружиненим поршнем і атмосферну камеру зі штоком. Шток виходить в отвір кришки камери тиску і продовжується за поршнем в атмосферній порожнині у вигляді упорного гвинта авторегулятора важільної передачі. На гвинті авторегулятора встановлені підпружинені гайки, вушко для передачі зусилля від поршня до важільної передачі. На кінцевій частині штока, що виходить з задньої кришки циліндра, розташоване його кріплення до стоянкового гальма.

Недоліком відомих гальмових циліндрів є відсутність міток (індикаторів, покажчиків тощо) для візуалізації величини виходу штока поршня з гальмового циліндра.

Відомий гальмовий циліндр з пристроєм вимірювання руху поршня [патент US20040205977 A1, номер заявки US 10/431,328 дата публікації патенту: 21.10.2004]. Пристрій для вимірювання руху поршня кріпиться до передньої кришки гальмового циліндра. Пристрій містить фланець, призначений для установки на циліндрі, подовжений корпус, який виступає з фланця вздовж осі переміщення поршня, і щонайменше одного індикатора виходу штока.

Недоліком цього штока поршня гальмового циліндра є недостатня точність визначення переміщення штока поршня.

Найбільш близьким аналогом є гальмовий циліндр з індикатором виходу поршня [патент US 5492203 A, номер заявки US 08/402,248, дата публікації патенту: 20.02.1996]. Візуальний індикатор виходу поршня гальмового циліндра залізничного вагона включає в себе пристрій, розташований на зручній для огляду відстані від гальмового циліндра.

Показником величини виходу штока є за своєю конфігурацією стрижень, який розташований в зручній для огляду зоні. При спрацюванні на гальмування гальмового циліндра може бути визначений вихід штока поршня по позначкам на індикаторі та стрижні. Стрижень з'єднаний з трубою штока за допомогою підшипникового вузла, що забезпечує відносне обертання між стрижнем і трубою штока.

Недоліком найбільш близького аналога є виконання індикатора виходу штока поршня окремо від самого штока. В процесі експлуатації індикатори будуть забруднюватися, необхідно буде провести їх очищення, що ускладнює роботу оглядача вагонів. Окремі від гальмового циліндра елементи пристрою для визначення виходу штока можуть стати об'єктом вандалізму або вийти зі строю від експлуатаційних навантажень.

Технічна задача, на вирішення якої спрямована корисна модель, є зменшення трудомісткості і часу, що витрачається на контроль виходу штока поршня циліндра в експлуатації, а також підвищення точності вимірів.

Поставлену задачу вирішує шток поршня циліндра, який має чітко помітні контрольні мітки (індикатори, покажчики тощо) по довжині штока, які вказують величину його виходу з циліндра (кількість цих міток встановлюється в залежності від максимально допустимої величини виходу штока поршня L, яка нормується чинними інструкціями).

На Фіг. 1 зображений шток циліндра з контрольними мітками виходу штока. На Фіг. 2 зображений один з можливих прикладів розташування контрольних міток (індикаторів, покажчиків тощо).

Запропонована конструкція штока Фіг. 1 складається з штока 1, виконаного будь-яким чином, на якому закріплена будь-яким чином, головка 2, гумова шайба 3, яка захищає горловину кришки 4 від потрапляння забруднень. На штоку 1 поршня наносяться контрольні мітки (індикатори, покажчики тощо) 5.

Кількість контрольних міток (індикаторів, показників тощо) 5 встановлюється в залежності від максимально допустимої величини L виходу штока 1 поршня, яка нормується чинними Інструкціями.

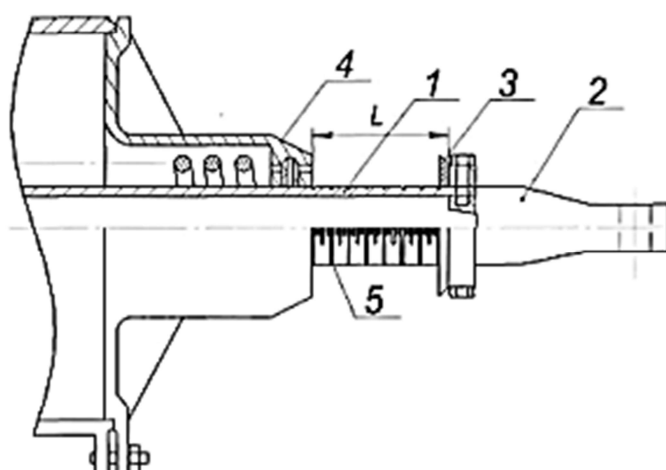
Нанесення та розміщення контрольних міток (індикаторів, показників тощо) 5 може виконуватися будь-яким зручним для зчитування даних способом.

Один з можливих прикладів розміщення контрольних міток (індикаторів, показників тощо) 5 зображений на Фіг. 2. "Сантиметрові позначки" 6 виконані по діаметру штока 1, "міліметрові позначки" 7 та 8 нанесені мінімум у двох місцях по діаметру штока 1 рівновіддаленими один від одного. Для зручності зчитування даних поряд з лініями вказують їх числові значення.

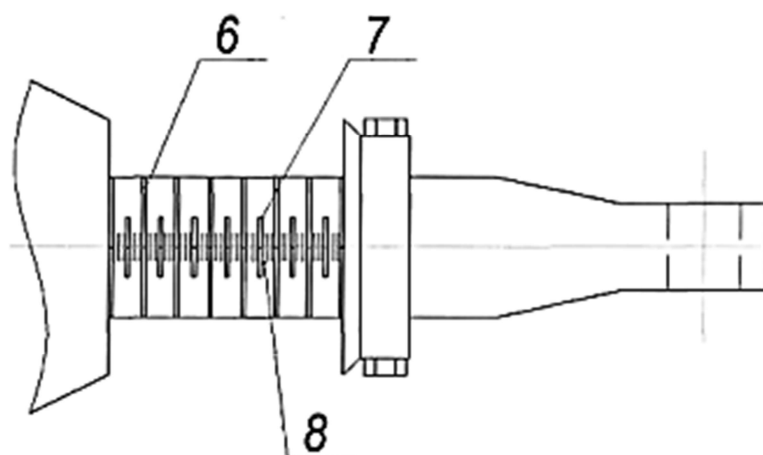
Запропоноване технічне рішення зменшує трудомісткість та час, що витрачається на контроль виходу штока поршня в експлуатації. Розміщення міток (індикаторів, показників тощо) виходу штока безпосередньо на поршні захищає їх від забруднень, механічних пошкоджень, іржавіння та збільшує точність вимірювання.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Шток поршня циліндра, що містить шток поршня, на якому закріплена головка та гумова шайба, яка захищає горловину кришки від потрапляння забруднень, який відрізняється тим, що на штоку поршня нанесені контрольні мітки (індикатори, показники тощо), кількість яких встановлюється в залежності від максимально допустимої величини виходу штока поршня.
2. Шток поршня циліндра за п. 1, який відрізняється тим, що контрольні мітки (показники, індикатори тощо) виконані будь-яким зручним для візуалізації способом.



Фіг. 1



Фіг. 2



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102701** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
B61H 1/00
F16D 65/04 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 05423	(72) Винахідник(и): Бабасв Анатолій Максимович (UA), Шапошник Владислав Юрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 02.06.2015	(73) Власник(и): ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.11.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.11.2015, Бюл. № 21	

(54) ГАЛЬМОВА КОЛОДКА ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**(57) Реферат:**

Гальмова колодка залізничного рухомого складу, складається з тіла гальмової колодки, вушка і двох приливів для кріплення колодки. При цьому, з обох кінців зовнішньої сторони на відстані, яка встановлюється діючими Інструкціями з експлуатації гальм рухомого складу, розташовані мітки, які сигналізують про досягнення колодкою її граничного стану, як при рівномірному, так і при клиновидному зносі.

Корисна модель належить до гальмових колодок залізничного рухомого складу, наприклад, колодок пасажирських і вантажних вагонів, локомотивів, електропоїздів, метрополітену і т.д.

Відома гальмова композиційна колодка (Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава: Справочник / В.И. Крылов и др. М.: Транспорт, 1989. - 364 с, рис. 295). Композиційна колодка має металевий штампований або сітчасто-дротяний каркас, на якому розміщений композиційний матеріал. Для кріплення колодки на башмаку передбачено вушко і два приливи для фіксації за допомогою чеки.

Відома гальмова колодка залізничного транспортного засобу (патент RU 2317906 C1 МПК B61H 7/02, F16D 65/04 (2006.01)), яка містить металевий каркас і закріплений на ньому композиційний полімерний фрикційний елемент.

Відома також безгребнева біметалева гальмова колодка для локомотива (патент RU 2308392 C2 МПК B61H 1/00, F16D 65/08 (2006.01)), яка містить чавунний брус, на тильній стороні якого розташований прилив, що містить елементи із сталі під клиноподібну чеку колодокотримача, виконані у вигляді профільної ділянки сталевий пластини, що охоплює прилив. У тілі чавунного бруса розміщені вставки з матеріалу з абразивністю, відмінною від абразивності чавуну бруса.

Недоліком відомих гальмових колодок є відсутність індикаторів, по яких визначається номінальна товщина колодки в експлуатації, при зносі, для її заміни.

Найбільш близьким аналогом є гальмова колодка залізничного транспортного засобу (патент RU 2427491 C1 МПК B61H 1/00, F16D 65/04, F16D 69/02 (2006.01)). Гальмова колодка містить композиційний фрикційний елемент, забезпечений індикаторами рівномірного зносу і засобами захисту від неправильного використання типу колодки та металевий каркас. Індикатори зносу виконані у вигляді пазів або отворів.

Недоліком найбільш близького аналога є виконання індикаторів зносу, який не враховує клиновидний знос колодки, що найчастіше зустрічається в експлуатації. Виконання індикаторів зносу у вигляді пазів або отворів вкрай незручне в експлуатації. Так як при роботі колодки пази, отвори, будуть забиватися брудом і стануть погано помітні, необхідно буде провести їх очищення, що ускладнює роботу оглядача вагонів.

Задачею, на вирішення якої спрямована корисна модель, є зменшення трудомісткості і часу, що витрачається на контроль товщини гальмової колодки в експлуатації, не тільки при рівномірному, але і при клиновидному зносі.

Поставлену задачу вирішує гальмова колодка, виконана з чавуну, композиції або будь-якого іншого матеріалу, яка має чітко помітні горизонтальні і вертикальні мітки на її кінцях, які свідчать про досягнення колодкою граничного стану (по товщині, встановлене чинними Інструкціями).

Істотними ознаками заявленої колодки є контрольні горизонтальні і вертикальні мітки, розташовані з обох кінців зовнішньої сторони колодки, легко помітні в експлуатації.

На кресленні фіг. 1 зображена гальмова колодка з індикаторами зносу, на фіг. 2 та фіг. 3 показана робота індикаторів зносу при спрацюванні гальмової колодки.

Запропонована гальмова колодка зображена на фіг. 1, складається з тіла 1 гальмової колодки, вушка 2 і двох приливів 3 для встановлення колодки в башмаку за допомогою чеки. Контрольні вертикальні 4 і горизонтальні 5 мітки вказують на граничну в експлуатації, товщину гальмівної колодки, тим самим усуваючи необхідність оглядачу вагонів проводити трудомісткий і тривалий процес виміру товщини гальмової колодки протягом її строку служби. Вертикальна мітка 4 повторює радіус R. Фактичні значення L (відстань від спинки гальмової колодки до краю вертикальної мітки) і H (відстань від кінця гальмової колодки до краю горизонтальної мітки) встановлюються діючими Інструкціями з експлуатації гальм рухомого складу залізниць.

Сигналізуючі мітки виготовляються зручною для ідентифікації форми, яка буде легко помітна в експлуатації.

На фіг. 2 та фіг. 3 пунктиром показана повномірна колодка. При рівномірному зносі колодок (фіг. 2) оглядач вагонів бачить, що колодка 1 зносилася до граничного стану, коли знос матеріалу колодки досяг вертикальної мітки 4.

При клиновидному зносі (фіг. 3) заміну зношеної колодки 1 слід провести, коли знос матеріалу досягне горизонтальної мітки 5.

Запропонована корисна модель зменшує трудомісткість та час, що витрачається на контроль товщини гальмівної колодки в експлуатації, підвищує безпеку експлуатації гальмівної колодки, запобігає її можливому приварюванню до тіла башмака при наднормативному зносі.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Гальмова колодка залізничного рухомого складу, яка складається з тіла гальмової колодки, вушка і двох приливів для кріплення колодки, яка відрізняється тим, що з обох кінців зовнішньої сторони на відстані яка встановлюється діючими Інструкціями з експлуатації гальм рухомого складу, розташовані мітки, які сигналізують про досягнення колодкою її граничного стану, як при рівномірному, так і при клиновидному зносі.
2. Гальмова колодка залізничного рухомого складу за пунктом 1, яка відрізняється, тим, що мітки виконані будь-яким зручним для ідентифікації способом.

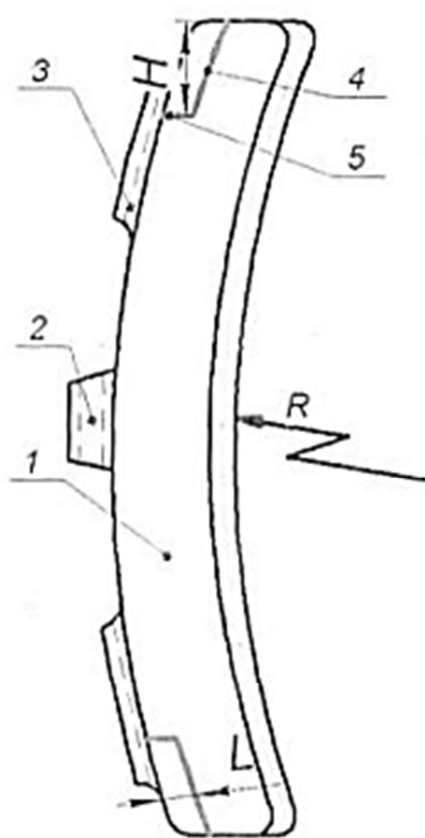


Fig. 1

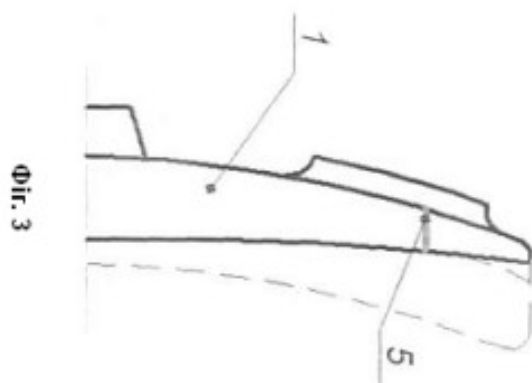


Fig. 3

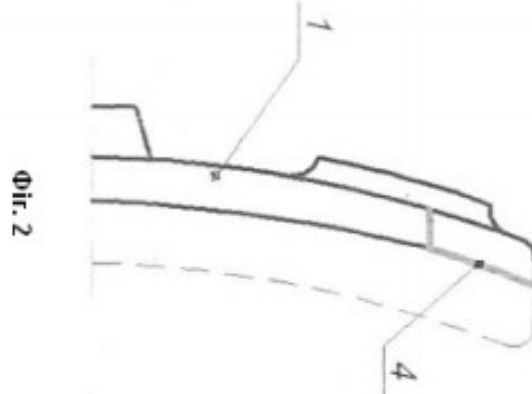


Fig. 2

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА

ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 58830

Літературний письмовий твір наукового характеру "Програма та методика експлуатаційних випробувань вантажних напіввагонів моделі 12-7023 на візках моделі 18-7020"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Мямлін Сергій Віталійович, Мурадян Леонтій Абрамович, Шапошник Владислав Юрійович, Міщенко Андрій Анатолійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

26.02.2015

Дата реєстрації



Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
А.Г.Жарінова

ДОДАТОК К

Акти впровадження результатів дисертаційної роботи

Акт впровадження результатів досліджень

Структурний підрозділ "Вагонне депо Кам'янське" регіональної філії "Придніпровська залізниця" ПАТ "Укрзалізниця" прийняло до впровадження в практику використання результатів теоретичних та експериментальних досліджень Шапошника Владислава Юрійовича щодо стратегії технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів, що містять:

- показник, що характеризує дотримання технології проведення робіт з технічного обслуговування вантажних вагонів з урахуванням людського фактора;

- критерії оцінки технічного стану при переході до системи технічного обслуговування і ремонту за технічним станом із застосуванням візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів;

- метод порівняння проведення технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів за існуючою технологією і за технічним станом, що включає параметри, режими і порушення технології проведення робіт з технічного обслуговування вантажних вагонів;

Результати дисертаційного дослідження Шапошника В.Ю. мають високу актуальність, становлять практичний інтерес і були використані структурним підрозділом "Вагонне депо Кам'янське" регіональної філії "Придніпровська залізниця" ПАТ "Укрзалізниця".

*Виступник начальни
вагонного депо Кам'янське*

Посада



підпис

ПІБ

Д.О. Подосьонов

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС»

С. М. Петриченко

«10» 07 2018 року

Акт

впровадження результатів досліджень

ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС» прийняло до впровадження в практику використання результатів теоретичних досліджень та практичних рекомендацій дисертаційного дослідження Шапошника Владислава Юрійовича для використання їх під час технічного обслуговування та планових видів ремонту вагонів, та під час модернізації вагонів, що містять:

- вирішення науково-прикладної задачі з оцінки надійності вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту (СТОiP) за станом;
- методологічні засади забезпечення експлуатаційних характеристик вантажних вагонів, які пов'язані з науковим обґрунтуванням вибору стратегії СТОiP вантажних вагонів;
- критерії оцінки технічного стану при переході до СТОiP за технічним станом із застосуванням візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів;
- техніко-економічне обґрунтування переходу до СТОiP за технічним станом із застосуванням візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів;
- результати замірів оперативного часу на контроль технічного стану вагону оглядачем вагонів в експлуатації (наведені в додатку).

Результати досліджень Шапошника В. Ю. мають високу актуальність, становлять практичний інтерес і були використані для вирішення задачі оцінки надійності вантажних вагонів.

Начальник технічного відділу

ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС»

А. В. Пузач

Додаток до акту
впровадження результатів досліджень

У ході контрольних замірів оперативного часу на контроль технічного стану вагону оглядачем вагонів в експлуатації із застосуванням візуально-оптичного та індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів встановлено наступне:

Оперативний час огляду ходових частин, автозчепного пристрою та кузову вагона складає:

- для піввагона - 0,03 люд.-год.;
- для платформи - 0,03-люд.-год.;
- для цистерни - 0,032 люд.-год.;
- для хоперу - 0,035 люд.-год.

Оперативний час огляду пневматичного обладнання і важільної передачі вагона:

- для піввагона - 0,02 люд.-год.;
- для платформи - 0,02 люд.-год.;
- для цистерни - 0,022 люд.-год.;
- для хоперу - 0,022 люд.-год.

Начальник технічного відділу
ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС»

 А. В. Пузач

Україна
Товариство з обмеженою відповідальністю
**«БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ ЗАВОД
«ТРІБО»**
Ідентифікаційний код 35046274
№
«03» 07 20 18 р.
09108, Київська область, м. Біла Церква,
вул. Леваневського, 95

Акт

впровадження результатів досліджень

ТОВ «БЦЗ «Трібо» прийняло до впровадження в практику використання результатів теоретичних досліджень та практичних рекомендацій які запропоновані співробітниками Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Шапошником В. Ю. та Бабаєвим А. М. щодо виготовлення нових композиційних гальмівних колодок для залізничного транспорту, що містять:

- результати експлуатаційних випробувань гальмівних колодок на залізницях України;
- підвищення експлуатаційної надійності гальмівної колодки завдяки використанню індикаторів (маркерів) зносу, які дають можливість візуально оцінити ступінь зносу колодки як при рівномірному, так і при клиновидному зносах.

Результати досліджень Шапошника В.Ю. та Бабаєва А. М. мають високу актуальність, становлять практичний інтерес і були використані для вирішення задачі підвищення експлуатаційної надійності гальмівної колодки.

Головний інженер
ТОВ «БЦЗ «Трібо»

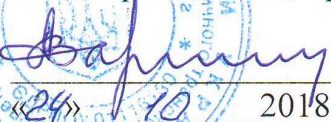


О. М. Глевацький

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної,
економічної роботи, перспективного та
інноваційного розвитку Дніпропетровського
національного університету імені академіка
В. Лазаряна, д.т.н., професор



 А. В. Радкевич
«24» 10 2018 р.

АКТ

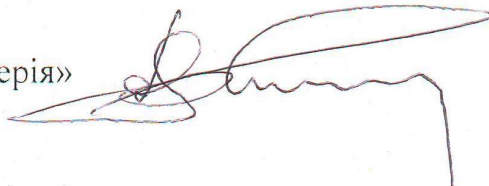
про використання результатів дисертаційної роботи
Шапошника Владислава Юрійовича «Підвищення ефективності системи
технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів»

Цей акт складено про те, що у навчальному процесі для студентів спеціальності 273 «Залізничний транспорт» спеціалізації «Вагони та вагонне господарство» прийняті до використання наукові та практичні результати, отримані в дисертації Шапошника В. Ю.:

1. Критерії оцінки технічного стану із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів (практичні роботи з дисципліни «Технологія ремонту вагонів»).

2. Модель розвитку ситуації для випадку критичного дефекту вузла вантажного вагона з урахуванням людського фактору (практичні роботи з дисципліни «Технологія ремонту вагонів»).

Декан факультету
«Транспортна інженерія»
доцент, к.т.н.



М. П. Довбня

Завідувач кафедри
«Вагони та вагонне
господарство» доцент, к.т.н., д.і.н.



С. С. Довганюк