

УДК 629.488:629.4.6

В. Ю. Шапошник – м.н.с. галузевої науково-дослідної лабораторії «Вагони»,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, v.sh91@mail.ru, ORCID 0000-0003-4701-6491

**НОВІ СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ
ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ**

Вступ

Система технічного обслуговування і ремонту (далі – СТОіР) - це комплекс організаційних і технологічних заходів по обслуговуванню і ремонту рухомого складу. СТОіР включає планування, підготовку, реалізацію технічного обслуговування і ремонту з заданою послідовністю, періодичністю та в залежності від обраної стратегії технічного обслуговування і ремонту. Для цих цілей розробляються конкретні нормативи тривалості міжремонтних періодів, ремонтних циклів та ін.

Система ТОіР вантажних вагонів покликана забезпечувати:

- 1) підтримку вагона в працездатному стані і запобігати несподіваному виходу його з ладу;
- 2) правильну організацію технічного обслуговування і ремонту;
- 3) збільшення часу корисного використання вагона за рахунок підвищення якості технічного обслуговування і ремонту, зменшення простою в ремонті;
- 4) своєчасну підготовку необхідних запасних частин і матеріалів.

Періодичність надходження вантажного вагона до ремонту визначається із умови забезпечення безпеки руху, екологічних та економічних ризиків. При проходженні вагоном встановленого виду ремонту: деповського (ДР), капітального (КР), капітального з продовженням терміну служби (КРП) його відновлений ресурс повинен забезпечити задані показники

надійності на наступний міжремонтний період.

Аналіз попередніх досліджень

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 СТОіР в цілому [1]. Вирішенням цих питань на етапі будівництва та експлуатації рухомого складу займається теорія надійності. Оцінці показників надійності рухомого складу залізниць та вантажних вагонів зокрема присвячені публікації [2–5], огляд яких дозволяє зробити висновок, що діюча на планово-попереджувальна система ремонту рухомого складу не здатна повною мірою підтримувати належний технічний стан вагонного парку, та не відповідає сучасним тенденціям підвищення надійності вантажних вагонів. Одним з варіантів подолання перелічених недоліків є оптимізація пробігів вантажних вагонів між плановими видами ремонту [6, 7], але більш ефективний шлях – це поступовий перехід до нових стратегій СТОіР [8, 9].

Аналіз публікації підтверджує актуальність та необхідність проведення досліджень з пошуку нових систем ремонту вантажних вагонів.

Результати дослідження

Існуючі стратегії які можуть бути застосовані для СТОіР вантажних вагонів приведені на рис. 1



Рис. 1. Стратегії СТОіР

Детальніше розглянемо кожну з наведених стратегій ремонту.

Планово-попереджувальна система ремонту вантажних вагонів (далі – ППР) заснована на попереджувальному профілактичному впливі. Накопичена за багато років експлуатації рухомого складу статистика дозволяє розрахувати середній час роботи вантажного вагона, тобто норми періодичності потрапляння в ремонт, рис.2.

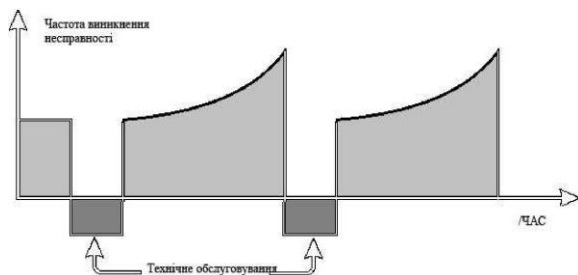


Рис. 2. Стратегія планово-попереджувальної СТОіР

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 в залежності від програми ремонту.

Разом з тим система ППР вантажних вагонів має багато недоліків, основні з яких наступні [10]:

- до поточного відчіпного ремонту потрапляє значна кількість вагонів (відсутність гарантій безвідмовної роботи вагонів в проміжку між плановими ремонтами);
- значна кількість фінансових, матеріальних витрат та людських ресурсів на обслуговування і ремонт;
- застарілі нормативи, які регламентують потрапляння вагонів до ремонту, в своїй більшості розроблені за часів СРСР;
- не відображаються фактичні потреби у технічному обслуговуванні і ремонті конкретного вагона в залежності від умов його експлуатації, роду перевезеного вантажу, неякісний ремонт, матеріали, запасні частини;
- 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 зменшення ресурсу деталей;
- ресурс вагона обмежений роками (нормативно встановлений термін служби), а не фактичним станом.

Після декількох ремонтних циклів вагон являє собою комплекс вузлів які мають різний ресурс (старі деталі, нові деталі, відремонтовані деталі) тому застосовувати до нього класичну систему ППР не доцільно.

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

Перехід на таку систему ремонту на залізничному транспорті став можливий після того, як була організована система обліку пробігу рухомого складу. Перевагою такої системи ремонту є те, що потрапляння до ремонту відбувається по факту виконаної роботи, тобто вагон який експлуатувався більш інтенсивно потрапить до ремонту 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 параметру, який буде точно відповідати стану об'єкта. Так, наприклад, ремонт по пробігу не враховує багато факторів реальної експлуатації, які безпосередньо впливають на стан вантажного вагона, а саме, умови та райони експлуатації, завантаженість, експлуатаційні навантаження та ін.

Стратегія за наробітком повинна передбачати можливість регулювання заданого напрацювання для різних моделей і типів вагонів в залежності від показників їх надійності, терміну служби, особливостей конструкції, модернізації і т.п.

Ремонту за технічним станом (ділі – за станом) передбачає, що потрапляння вагона в ремонт відбувається після досягнення, згідно вимог нормативно-технічної документації граничного стану вагона, подальша експлуатація якого загрожує безпеці руху, або робить його експлуатацію нерентабельною. Ремонт за станом використовує принцип попередження відмов із забезпеченням максимально можливого напрацювання при мінімальних експлуатаційних витратах, рис.3. Технічна складова обслу-

говування рухомого складу за технічним станом засновано 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 з залученням математичного апарату теорії надійності [11, 12].



Рис. 3. Стратегія СТОіР за станом

Практика показує, що впровадженням стратегії технічного обслуговування і ремонту за технічним станом можливо досягти скорочення витрати від 5% до 24% і більше [10].

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

- постановка вагона в ремонт відбувається тільки при необхідності, 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 у порівнянні з ППР);
- більший міжремонтний термін служби вагона у порівнянні з ППР;
- враховуються фактичні потреби у технічному обслуговуванні і ремонті конкретного вагона в залежності 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 в експлуатації та в ремонті. Забезпечення сучасними засобами діагностики оглядачів вагонів для контролю важкодоступних та найбільш відповідальних елементів вагона, використання деталей та вузлів з маркерами зносу [13].

Експлуатація до відмови це найпростіша система ремонту яка передбачає здійснення операцій з технічного обслуговування і ремонту обладнання, або його заміну при досягненні критичного стану яке, як правило, характеризується неможливістю виконання заданих функцій, тобто втратою працездатності (відмовою), рис.4. Така система найменш вимоглива з усіх до рівня організації і планування праці.

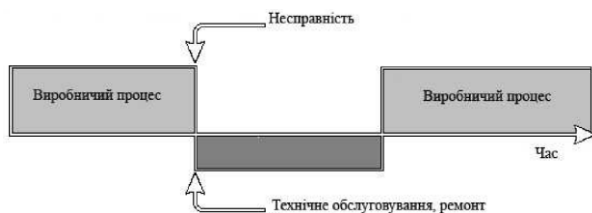


Рис. 4. Стратегія СТОіР до відмови

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 впровадженні такої системи ремонту слід враховувати її два головних недоліки – витрати, які спричинить вихід об'єкта з експлуатації, та наслідки відмови які повинні включати в себе технологічні, екологічні та економічні наслідки.

Незважаючи на зазначені недоліки, у разі недорогого, типового обладнання, відмова якого не спричиняє критичних наслідків, дана стратегія успішно застосовується на

залізничному транспорті, в тому числі і в вагонному господарстві.

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 і неможливо. У таких випадках різні системи ремонту поєднуються.

Технічне обслуговування засноване на оцінці ризиків (далі – RCM) отримало свій розвиток у 1960-х роках в авіації. Згідно з міжнародним стандартом ІЕС 60300-3-11 технічне обслуговування орієнтоване на надійність являє собою методологію виявлення і вибору політики попередження відмов (далі - політика управління відмовами), націленої на ефективне забезпечення необхідних складових безпеки, готовності і економічної експлуатації виробів [14]. Політика управління відмовами може включати в себе дії з технічного обслуговування, зміни правил застосування, конструктивні доробки та інші дії, націлені на послаблення наслідків відмов [15].

Основними етапами програми RCM є:

- а) планування програми RCM;
- б) аналіз функціональних відмов;
- в) відбір задач;
- г) впровадження;
- д) безперервне вдосконалення.

Максимальну користь приносить проведення RCM-аналізу на стадії розробки виробів, коли його результати можуть безпосередньо вплинути на їх конструкцію. Разом з тим RCM-аналіз також корисний на етапах експлуатації, коли можуть бути вдосконалені зміст і методи ТО, проведені конструктивні і інші доробки.

Стратегії технічного обслуговування вантажних вагонів засновані 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 стратегій СТОіР.

Методика обслуговування, орієнтована на надійність вантажного вагона:

- концентрує зусилля на працездатності вагона в цілому, а не на працездатності його кожного вузла;
- різні вузли та деталі вагона мають різну значимість 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 визначений вид обслуговування і ремонту для кожного вузла чи елемента вагона, заснований на відповідних стратегіях. Застосування RCM передбачає впровадження електронної бази, де фіксується стан кожного вузла чи деталі вагона.

Поєднання системи ППР з ремонтом за станом. В системі ППР підставою для визначення об'єкта ремонту, термінів та обсягів робіт є напрацювання обладнання, а при ремонті за технічним станом фактичний стан обладнання. Повна відмова від ППР вантажних вагонів неможлива з багатьох причин, головною з яких є неможливість діагностувати стан деяких вузлів та деталей вагона. Наприклад, повітродозподільники та авторежими, повинні підлягати ППР так як їх перевірка потребує зняття з вагону та випробування на стенді, також в їх складі є гумові діафрагми та манжети, які повинні бути замінені на нові в термін встановлений виробником та інструкцію з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Деякі вузли вагона експлуатуються за станом, наприклад, гальмові колодки, експлуатація яких обмежена їх граничним станом (товщиною).

Поєднання системи ППР з ремонтом за станом передбачає різні концепції СТОіР для кожного вузла вантажного вагона. Значні ремонтні роботи на вагоні повинні виконуватися тільки за результатами поперед-

нього діагностування та контролю його фактичного стану.

Комбінований критерій. Система заснована на застосуванні комбінованого критерію постановки вагонів в деповський ремонт, що включає первинний норматив - обсяг виконаної роботи (загальний пробіг) і вторинний норматив - гранично допустиму календарну тривалість використання вагона між ремонтами. Така система зараз успішно діє на залізницях СНГ.

Вилучення вагона з експлуатації в ремонт здійснюється, коли досягнутий один (будь-який) з двох нормативів. Перевищення нормативів не допускається. Контроль і облік інформації про фактично виконаному міжремонтному пробігу вагона в межах кожної дороги здійснюються на підставі повідомлень інформаційно-обчислювальними центрами доріг. При пред'явленні вагонів до підготовки під завантаження працівникам ПТО повинні бути повідомлені відомості про пробіг. При відсутності в довідках відомостей про необхідність відчеплення вагона в ремонт оглядачі вагонів повинні керуватися датою допустимої календарної тривалості використання вагона після ремонту, нанесеної на кузові.

Алгоритм вибору стратегії технічного обслуговування і ремонт

Для вдосконалення існуючої чи переходу до нової СТОіР вантажних вагонів необхідно оцінити надійність вагона у міжремонтному періоді. Для цього необхідно вирішити наступні питання:

- визначити слабкі елементи, які лімітують час між технічним обслуговуванням чи ремонтом, і при можливості визначити способи підвищення їх надійності;
- обрати мінімально достатнє число контрольованих параметрів для отримання обґрунтованої інформації про стан об'єкта діагностування (вантажного вагона) на поточний момент часу;

– обґрунтувати області допустимих змін контрольованих параметрів;

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

Опираючись на отриманні данні розроблюється математичні моделі, які описують процес експлуатації вантажного вагона з урахуванням впливу СТОіР на відмови вагона, які можуть варіюватися від незначних до катастрофічних. При впровадженні нових систем ремонту необхідно враховувати їх вплив на показники надійності та вирішувати задачу мінімізації експлуатаційних витрат.

Висновки

Ефективна експлуатація вагонів можлива тільки за умови мінімізації витрат на їх технічне обслуговування і ремонт при забезпеченні заданих показників надійності та безпеки руху. Тому актуальною є задача науково обґрунтованого вибору стратегії СТОіР вантажних вагонів, яка буде враховувати фактичний стан вагона його конструктивні особливості, підтримувати показники надійності вагона у встановлених межах та бути економічно вигідною. Для цього повинен бути проведений комплексний аналіз надійності вантажного вагона з урахуванням впливу СТОіР та розроблені відповідні математичні моделі.

Бібліографічний список

1. Пастухов, И. Ф. Конструкция вагонов / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов, Р. О. Кошкарда. – М.: Альянс, 2016. – 504 с.
2. Мурадян, Л. А. Probabilistic-physical approach to describe and determine the reliability of cars / Л. А. Мурадян. // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2016. – № 5 (65). – С. 168–177.
3. Мурадян, Л. А. Побудова системи дослідження надійності вантажних вагонів /

Л. А. Мурадян. // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – № 10. – С. 90–95.

4. Мурадян, Л. А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несамоходного подвижного состава / Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник, А. А. Мищенко. // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2016. – № 1 (61). – С. 169–179.
5. Пузир, В. Г. Застосування сучасних стратегій при удосконаленні системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів / В. Г. Пузир, Ю. Н. Дацун. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – вип. 149. – С. 75–80.
6. Мельничук, В. О. Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів / В. О. Мельничук, С. В. Мямлін, І. В. Ісепенко, В. В. Мямлін. // 36. наук. праць ДонІЗТ. – 2010. – Вип. 22. – С. 101–108.
7. Райков, Г. В. Научно-теоретические принципы назначения межремонтных нормативов вагонов / Г. В. Райков, С. В. Петров. // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – №. 4. – С. 15–18.
8. Дуцун, Ю. Н. Выбор стратегии технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе методов нечеткой логики / Ю. Н. Дацун. // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – № 1. – С. 77–80.
9. Басов, Г. Г. Вибір системи технічного обслуговування та ремонту нового наукоємного рухомого складу міського та приміського транспорту / Г. Г. Басов, А. П. Фалендиш, П. О. Харламов, І. О. Бабіч. // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – Вип. 72. – С. 275–281.
10. Мямлін, С. В. Определение стратегии технического обслуживания и ремонта вагонной техники / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Материалы 7-ой международной научно-технической конференции. – ИрГУПС, 2016. – С. 369–373.
11. Мурадян, Л. А. Building models of freight cars refusals involving bayesian approach /

- Л. А. Мурадян // EUREKA: Physics and Engineering –2016. – № 1. – С. 54–60.
12. Босов, А. А. Теоретические основы рационального содержания подвижного состава железных дорог : монография / А. А. Босов, П. А. Лоза. – Д. : «Дриант», 2015. – 252 с.
13. Бабаєв, А. М. Гальмова колодка з маркерами зносу / А. М. Бабаєв, В. Ю. Шапошник // 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
14. IEC 60300-3-11 Reliability centred maintenance. International standard – 94 page [Електрон. ресурс] // Режим доступа: <https://webstore.iec.ch/publication/1296>
15. McDermott, R.E. The Basics of FMEA / R. E. McDermott et al. – Productivity Press, New York, 2009. – 168 p.

Ключові слова: система технічного обслуговування і ремонту, вантажний вагон, надійність.

Ключевые слова: системы технического обслуживания и ремонта, грузовой вагон, надежность.

Keywords: repair and maintenance system, freight wagons, reliability.

Рецензенти:
д.т.н., проф. А. Б. Бойнік,
д.т.н., проф. І. Е. Мартинов.

Надійшла до редколегії 17.02.2017.
Прийнята до друку 28.02.2017.