

**Фомін О.В.**

Державний університет інфраструктури та технологій

**Баранов І.О.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

**Мірошникова М.В.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

## АНАЛІЗ ВІДМОВ ВУЗЛІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ В ІСНУЮЧИХ СИСТЕМАХ ОЦІНКИ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА РЕМОНТУ

*У роботі виконано аналіз відмов вузлів рухомого складу залізниць в існуючих системах оцінки їх технічного стану та ремонту. Встановлено, що система управління технічним станом локомотивного парку включає комплекс структур локомотивного комплексу, що здійснюють взаємодію на етапах організації перевізного процесу, результатом якого є підтримання рівня технічного стану, що відповідає безпеці і раціональності експлуатації тягових одиниць. Розроблено схему структури життєвого циклу локомотиву. Зроблено висновки щодо відмов елементів та вузлів локомотивів, які характеризуються умовами їх експлуатації та періодом часу між проведенням технічного обслуговування і поточного ремонту. Встановлено, що причиною виникнення позапланових ремонтів є високий період пробігу (часу) між проведенням діагностичних робіт по окремим вузлам локомотивів. Встановлено, що в момент експлуатації на локомотив впливають зовнішні та внутрішні умови, що прагнуть знизити рівень його технічного стану. Основними компонентами моніторингу є бортові та стаціонарні системи контролю стану критичних вузлів локомотивів й вантажних вагонів, що впливають на безпеку руху й працездатність транспортних одиниць. Наведені методи діагностики технічного стану моторно-осьових підшипників колісно-моторного блоку. Висвітлено порядок виконання обслуговуючих операцій з моторно-осьовими підшипниками колісно-моторного блоку в обсязі робіт ТО-2. Виконано аналіз і визначені недоліки технології діагностики моторно-осьових підшипників за обсягом ТО-3. На підставі проведеного дослідження належності відмов до критеріїв раціональності розробки систем технічної діагностики виділені основні вузли та елементи, що вимагають контролю технічного стану зі зниженням періоду дискретизації по відношенню до систем діагностики. Виконано статистичний аналіз походження непланових ремонтів рухомого складу. Встановлені основні закономірності появи відмов та причини надходження вантажних вагонів у поточний ремонт.*

**Ключові слова:** статистичний аналіз, рухомий склад, технічний стан, дискретизація, умови експлуатації, діагностування.

**Актуальність дослідження.** Система управління технічним станом локомотивного парку включає комплекс структур локомотивного комплексу, що здійснюють взаємодію на етапах організації перевізного процесу, результатом якого є підтримання рівня технічного стану, що відповідає безпеці і раціональності експлуатації тягових одиниць. Процес управління технічним станом починається з моменту проектування локомотива, коли на перших етапах розробки за рахунок технічних і технологічних рішень задається відповідний ресурс, що характеризує показники надійності. Після процесу проектування локомотив виконує основний етап свого життєвого циклу – експлу-

атацію (рис. 1). У момент експлуатації на локомотив впливають фактори, що прагнуть знизити рівень його технічного стану:

- зовнішні умови експлуатації – температура, вологість, профіль колії та його стан тощо;
- внутрішні умови експлуатації – людський чинник, фізична природа робочого процесу.

Дані фактори змінюють процес рівномірного витрачання ресурсу, передбачений нормами пробігу до обслуговування та ремонту, що призводить до виникнення ризику відмови (непланового ремонту) під час реалізації перевізного процесу.

Щоб уникнути відмови у межах такого показника надійності, як ремонтпридатність, за рахунок

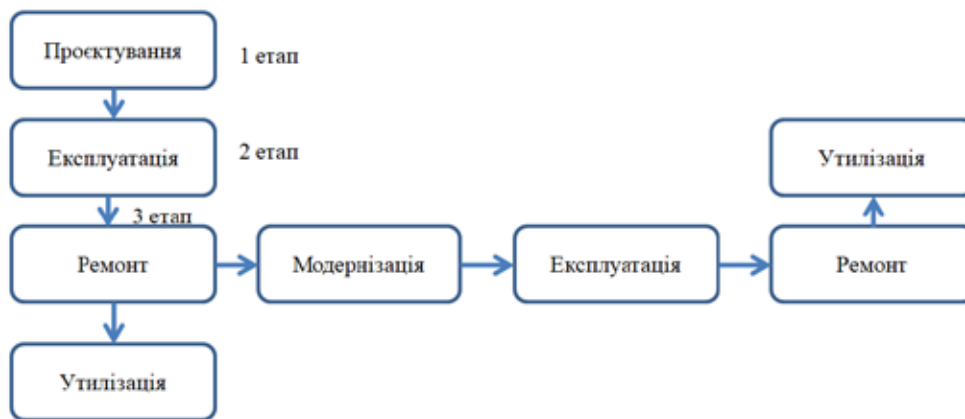


Рис. 1. Структура життєвого циклу локомотива

коштів діагностики здійснюється завчасне виявлення несправностей локомотивів як в експлуатації, так і під час проведення ТО і ПР [1, 2]. Заключним етапом управління технічним станом є ремонт, під час реалізації якого здійснюється підвищення рівня технічного стану локомотива. Структура життєвого циклу локомотива представлена рис. 1.

Моторно-осьові підшипники (МОП) є відповідальною і сполучною ланкою найважливіших, з погляду безпеки, вузлів локомотивів. Тому достовірне та своєчасне визначення технічного стану МОП є важливим завданням для підприємств, що займаються експлуатацією та ремонтом даного вузла. Незважаючи на необхідність своєчасної діагностики МОП, періоди між проведенням діагностичних робіт приймають значні пробіги (понад 400 тис. км. пробігу), що негативно відображається на кількості відмов. Щорічно відмови по даному вузлу становлять понад 250 випадків, що згодом відображається на підвищенні економічних втрат та зниженні продуктивності локомотивного парку. У сукупності діагностичну ситуацію ускладнює відсутність будь-яких безперервних систем діагностики МОП. Тому назріла необхідність розробки еталонної моделі даного вузла, що дозволяє з високим рівнем достовірності визначати технічний стан з урахуванням впливу зовнішніх чинників.

Тим часом, основними компонентами моніторингу є бортові та стаціонарні системи контролю стану критичних вузлів не тільки локомотивів, а й вантажних вагонів, що впливають на безпеку руху й працездатність транспорту, які оснащені пристроями для дистанційної передачі даних моніторингу, системами передачі даних та інформаційно-керуючими системами.

Даний підхід передбачає використання не тільки даних, що стосуються технічного стану контролю-

ваних об'єктів, а й даних, що характеризують його умови роботи та рівень навантаження, а також відомості про попередні стани, види дефектів та методи усунення несправностей. Необхідно створення єдиної інтегрованої системи моніторингу та ремонту, що включає автоматизацію процесу технічного утримання вантажних вагонів, зниження кількості помилок, оптимізацію процесу ремонту, насамперед – для відповідальних вузлів [3].

**Постановка проблеми.** Заключний етап управління технічним станом є найважливішим – від його організації залежать показники надійності, відповідно, і якість експлуатації. Існуюча на даний момент часу планово-попереджувальна система ремонту має протиріччя щодо ефективності проведення діагностичних робіт, оскільки при виявленні несправності тягова одиниця вирушає на незапланований ремонт, який обумовлюється відповідним простоем, як і у разі непланового ремонту, з урахуванням різниці виконання показників безпеки та відсутності витрат на транспортування (за потреби) [4]. У сукупності діагностичну ситуацію ускладнює відсутність будь-яких безперервних систем діагностики вузлів, наприклад моторно-осьових підшипників. Тому назріла необхідність розробки еталонної моделі вузла, що дозволяє з високим рівнем достовірності визначати технічний стан виходячи з зміни діагностичного параметра з урахуванням впливу зовнішніх чинників [5, 6].

Загалом, всі проблеми стану підшипників ковзання, що виникають у процесі експлуатації, можна розділити на три групи:

- проблеми стану робочих поверхонь підшипника;
- проблеми величини зазору між шийкою осі колісної пари та антифрикційним вкладишем;
- проблеми несучої здатності масляної плівки.

Для забезпечення високої надійності роботи колісно-моторного блоку, стан МОП потребує діагностики відмов з метою їхнього завчасного та оперативного усунення [7].

Діагностика технічного стану МОП проводиться при реалізації технічних обслуговувань та поточних ремонтів обсягів ТО-2, ТО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-3.

При реалізації обслуговуючих операцій з МОП обсягом робіт ТО-2 здійснюється вимірювання температури вкладишів по корпусу за допомогою термопари або пірометра. При цьому температура вкладишів не повинна перевищувати  $80^{\circ}\text{C}$  і не приймати значення вище більш ніж на  $25^{\circ}\text{C}$  температури умов експлуатації (повітря). Процес вимірювання температури МОП за допомогою пірометра (приладу безконтактного вимірювання температури) представлений на рис. 2.



Рис. 2. Процес вимірювання температури МОП за допомогою пірометра

На підставі аналізу технології проведення діагностики МОП в обсязі робіт ТО-2 можна зробити висновок про низьку ефективність процесу діагностування, зважаючи на те, що вимірювання температури здійснюється зі значною затримкою за часом, за який температура МОП знижується в результаті природної тепловіддачі і тим самим вносить значні похибки до результату діагностування [8].

Обсяг робіт ТО-3, включає вимірювання діаметрального (радіального) зазору між шийкою осі колісної пари і вкладишем підшипника («зазору на мастило») за допомогою набору еталонних щупів. Процес вимірювання показано на рис. 3.

В результаті аналізу технології діагностики МОП в обсязі ТО-3 встановлені такі недоліки:

- вплив людського чинника на достовірність результатів, пов'язаного зі складністю процесу вимірювання;

- можливість діагностування тільки загального рівномірного зношування, без урахування наявності нерівномірного зношування;

- неможливість визначення повної діагностичної ситуації щодо зносу та наявності дефектів.



Рис. 3. Процес вимірювання «зазору на мастило» МОП

Представлені факти свідчать про низьку ефективність діагностики відмов МОП за умов представленої технології.

Слід зазначити, що запропоновані на сьогоднішній день розробки рухомого складу практично не можуть бути в комплексі використані як базові моделі для уніфікації та цілеспрямованого покращення конструкції рухомого складу. При складанні технічних умов не враховуються вимоги до надійності та нові підходи щодо обслуговування за фактичним станом. Немає єдиних вимог при проектуванні рухомого складу, не закладено єдиного підходу для експлуатації, обслуговування та ремонту.

**Теоретичний аналіз дослідження.** Дослідження виконано на основі результатів робіт вчених, які займалися питаннями підвищення ефективності ТО й ПР рухомого складу, серед них вітчизняні вчені: Бабанін О. Б., Бутько Т. В., Жалкін Д. С., Калабухін Ю. Є., Крашенінін О. С., Мороз В. І., Пузир В. Г., Тартаковський Е. Д., Устенко О. В. та закордонні вчені: Аміні А., Барков О. В., Ванг Д., Гіоев З. Г., Головаш А. Н.

Значний внесок у розвиток питань діагностики рухомого складу залізниць внесли: О. В. Гателюк, А. І. Мішин, В. В. Молчанов, С. М. Овчаренко, П. А. Сіряк, О. Усманов, В. В. Харламов, С. Г. Шантаренко та інші.

**Мета статті:** Метою роботи є підвищення ефективності діагностики рухомого складу залізниць і аналіз відмов його вузлів в існуючих системах оцінки їх технічного стану та ремонту.

**Задачі дослідження:**

- проаналізувати фактори, що знижують рівень технічного стану рухомого складу залізниць;

– визначити найбільш відповідальні вузли рухомого складу, виконати класифікацію та систематизацію дефектів, що виникають, аналіз причин їх появи з урахуванням особливостей конструкції, технології виробництва та умов експлуатації;

– провести статистичний аналіз походження непланових ремонтів рухомого складу залізниць;

– встановити основні закономірності появи відмов та причини надходження вантажних вагонів у поточний ремонт.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Практична реалізація планово-попереджувальної системи ТО і ПР ґрунтується на парадигмі теорії надійності локомотивів, де основним цільовим показником оцінки надійності є напрацювання технічної системи, тобто міжремонтний пробіг локомотива по відповідним вузлам у певному обсязі обслуговування та ремонту. Однак напрацювання на відмову, яка розраховується на підставі статистичних даних і є випадковою подією, має певну ймовірність, яка змінюється залежно від різних умов [9]. Відмови елементів та вузлів локомотивів характеризуються умовами їх експлуатації та періодом часу між проведенням ТО й ПР. Незважаючи на високий період дискретизації між проведенням ТО й ПР, відмови по колінчастих валах та підшипниках дизелів становлять відносно невелику кількість [10, 11]. Колінчастий вал належить до найбільш відповідальних, напружених і коштовних деталей двигуна. Під час роботи дизеля колінчастий вал навантажується силами тиску газів, а також силами деталей, що обертаються. Ці сили викликають значне напруження і коливання, тому шийки колінчастого валу зазнають змінного тиску, який викликає значну роботу тертя і знос шийок. Циліндропоршнева група (ЦПГ) дизеля є динамічно та термічно навантаженим елементом. Паливна апаратура працює в режимах високого тиску (за винятком палива, що підкачує магістралі) – тиск подачі палива форсункою дизеля серії Д49 становить 32 МПа. В таких умовах роботи зносу підлягають елементи форсунки – голка, запірний конус, розпилювач та трубопровід високого тиску, які набирають основну кількість відмов по паливній апаратурі дизеля.

До загального числа відмов паливної апаратури відноситься система управління паливподачаю, яка реалізована в електромагнітній гідромеханічній системі регулятора частоти обертання колінчастого валу дизеля. Складність даного механізму, реалізація принципу роботи та кількість елементів визначають даний вузол як ліміту-

ючий відповідно до пред'явлених вимог до періоду між проведенням обслуговування та ремонту. Турбокомпресор (ТК) також є вузлом, що лімітує пробіги локомотивів по ТО й ПР, з високою кількістю відмов у роботі.

До відмов тягових електродвигунів відносяться: – порушення ізоляції ланцюгів; – перекидання струму по колектору; – руйнування моторно-якорних підшипників. Відмови тягових електродвигунів обумовлені умовами експлуатації, профілем ділянки експлуатації, масою поїзда, режимами ведення поїзда.

Умови експлуатації тягових електродвигунів характеризуються підвищеною запиленістю, динамічними температурними впливами, підвищеною вологістю, забрудненістю. При крутих і зтяжних ухилах момент опору на якор тягового електродвигуна максимальний, при цьому для підтримки потужності внаслідок падіння напруги в ланцюзі електродвигуна підвищується струм, а відповідно, і збільшується температура обмоток електродвигуна, при критичному значенні якої (вищого класу ізоляції, що застосовується), руйнується ізоляція, що зрештою призводить до пробою та виходу з ладу тягового електродвигуна.

Виходячи з наведеного опису, необхідно встановити взаємозв'язок впливу організації планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту локомотивів на кількість відмов їх вузлів. Побудуємо залежність кількості відмов  $D$  від періоду дискретизації проведення технічної діагностики  $T$  за розглянутими вузлами тепловозів (1. Колінчастий вал та його підшипники, 2. Циліндропоршнева група (ЦПГ), 3. Циліндрові кришки, 4. Паливна апаратура, 5. ТК, 6. Бандаж, 7. Буксовий вузол, 8. Вісь, 9. Колісний центр, 10. МОП). Статистичний аналіз походження непланових ремонтів у планово-попереджувальній системі технічного обслуговування та ремонту тепловозів та електро-возів представлені на рисунках 4 та 5.

Серед вузлів електровозів розглянуті (рис. 5): 1. Токоприймачі, 2. Апарати захисту, 3. Контактори силового ланцюга, 4. Контактори силового ланцюга електромагнітні, 5. Контактори низьковольтні, 6. Перемикачі групові, 7. Реле, 8. Тягові трансформатори 9. Акумуляторні батареї, 10. Силові ланцюги.

Відповідно до представленої статистики відмов та періодів дискретизації між проведенням технічного обслуговування та ремонту тепловозів побудовано лінії тренду, які характеризують зміну аналізованих характеристик. Так, при зменшенні

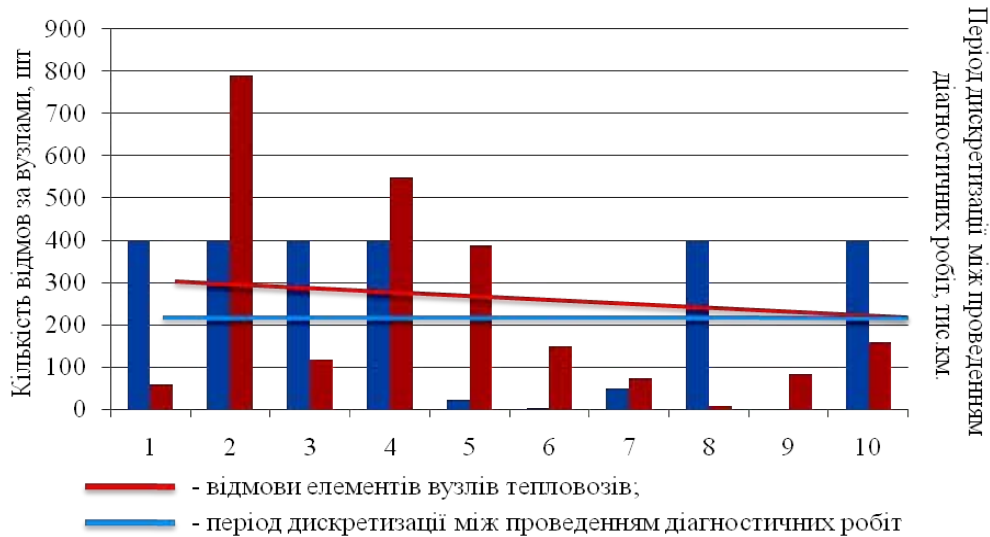


Рис. 4. Статистичний аналіз походження непланових ремонтів у планово-попереджувальній системі технічного обслуговування та ремонту тепловозів

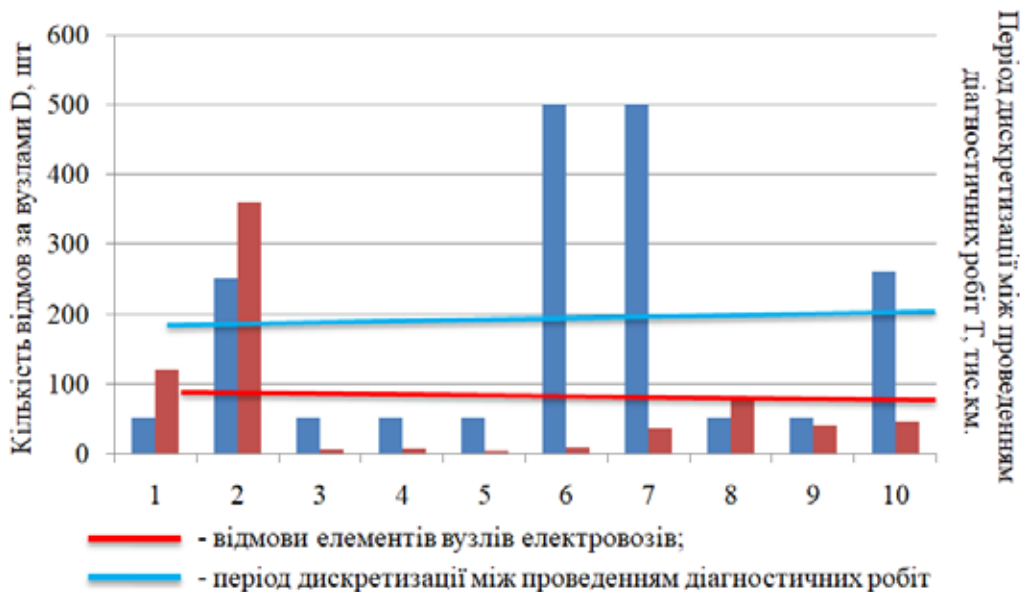


Рис. 5. Статистичний аналіз походження непланових ремонтів у планово-попереджувальній системі технічного обслуговування та ремонту електровозів

періоду дискретизації між проведенням діагностичних робіт під час ТО й ПР знижується кількість відмов вузлів локомотивів, що підтверджує вплив принципів планово-попереджувальної системи та ремонту локомотивів на динаміку непланових ремонтів.

Розглянемо статистику відмов електровозів для визначення аналогічного взаємозв'язку (рис. 5). Відповідно до гістограми відмов та періодів дискретизації між ТО й ПР електровозів згідно з лініями тренду встановлено, що період дискретизації не впливає на відмови вузлів електровозів

через наявність зворотної залежності даних характеристик – при збільшенні періоду дискретизації кількість відмов знижується. Розподіл ліній тренду характеристик визначається високими показниками надійності електрорухомого складу, порівняно з автономними локомотивами. Цей факт пов'язаний: – насамперед із кількістю електровозів парку на мережі залізниці; – з більш досконалою технологічністю електрорухомого складу порівняно з автономними локомотивами, яка переважно відрізняється меншою кількістю технічних елементів, вузлів та систем.

Представлені умови формалізуються моделями класичної теорії надійності, зокрема ймовірністю відмов для послідовних систем, де надійність системи більш низька, чим більше в ній елементів [12]:

$$P_c = \prod_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

де  $P_c$  – ймовірність відмови системи, %;

$P_i$  – ймовірність відмови елемента системи, %:

$$P_i(l) = \frac{r(l)}{N_0} \quad (2)$$

де  $r(l)$  – кількість елементів, що відмовили за період дискретизації  $l$ , шт.;

$N_0$  – кількість елементів на початку спостереження, шт.

Більша кількість відмов парку тепловозів у порівнянні з парком електрорухомого складу пов'язана також із віковою структурою оновлення рухомого складу [9]. Більшість тепловозів було випущено минулого століття (тепловози ТЕ10 різних модифікацій). Важливим завданням у розробці систем технічної діагностики є обґрунтування раціональності їх застосування для вузла, що розглядається. Для вирішення цього завдання необхідна диференціація деталей, елементів та вузлів локомотивного парку щодо факторів, що впливають на їх технічний стан:

- людський чинник;
- закінчення терміну експлуатації;
- умови експлуатації;
- умови протікання робочих процесів;
- зв'язок з іншими вузлами (елементами, деталями) технічної системи;
- особливості технологічного виконання, які зумовлюються ймовірністю виникнення раптових відмов, – складність конструкції, кількість елементів та інше.

Призначенням систем технічної діагностики є контроль вихідних (діагностичних) параметрів вузлів, обчислення зміни діагностичних параметрів при впливі умов експлуатації, а також умов перебігу робочих процесів шляхом урахування вхідних параметрів (впливів), виявлення конкретних несправностей, дефектів, факторів [13]. На підставі визначення призначення систем технічної діагностики визначимо вузли локомотивного парку, відмови яких відповідають представленим факторам, що впливають на показники надійності, з метою подальшого розрахунку надійності встановленого вузла та розробки моделі оцінки технічного стану. Для визначення вузлів, які задовольняють діагностичним умовам, доцільно застосування автоматизованих систем технічного діагностування (АСТД). Необхідно провести

диференціацію характеристик (рис. 2, рис. 3) за елементами. Оскільки характеристика, представлена на рис. 2, враховує відмови, пов'язані з фізичним старінням локомотивного парку (термін служби тепловозів становить понад 40 років), її диференціація з характеристикою, представленою на рис. 3, відобразить вузли, які задовольняють умовам відмов, для реалізації їх діагностичної системи.

На підставі проведеного дослідження належності відмов до критеріїв раціональності розробки систем технічної діагностики можна виділити такі вузли та елементи, що вимагають контролю технічного стану зі зниженням періоду дискретизації по відношенню до систем діагностики, що використовуються:

- силові електричні ланцюги;
- гальмівні компресори;
- гальмівний трубопровід;
- колекторно-щітковий апарат тягових електродвигунів;
- допоміжні електричні машини;
- автозчіпні пристрої;
- бандаж колісних пар;
- буксовий вузол;
- кожух зубчастої передачі;
- моторно-осьові підшипники (МОП).

Важливим моментом пропонованого підходу є виявлення найбільш відповідальних вузлів, класифікація та систематизація дефектів, що виникають, аналіз причин їх появи з урахуванням особливостей конструкції, технології виробництва та умов експлуатації. Проведений аналіз потоків відмов дозволив встановити основні закономірності появи відмов та причини надходження вантажних вагонів у поточний відчіпний ремонт. Статистичній обробці піддавалися дані про відмови основних вузлів вагонів різного терміну служби. Проаналізовано дані про відмови вантажних вагонів основних виробників (рис. 6).

Встановлено, що найбільш критичними з точки зору безпеки руху є вузли буксових, ходових та гальмівних систем. Розподіл відчеплень у поточний ремонт через відмову даних пристроїв складає 15,41%, 20,52%, та 17,43% відповідно. 44,2% вантажних вагонів надходять у відчіпний ремонт до закінчення 6 місяців після деповського та 1 року після капітального ремонту. Також визначені характерні причини відмов екіпажної частини вантажних вагонів, це в свою чергу має бути базою для проведення цілеспрямованої політики взаємовідносин із постачальниками деталей та вузлів. Аналіз статистичних даних щодо повторних та позапланових ремонтів на підприємствах мережі залізниць дозволив виявити рівень якості організації ремонту та технічного обслуговування вантажних вагонів.

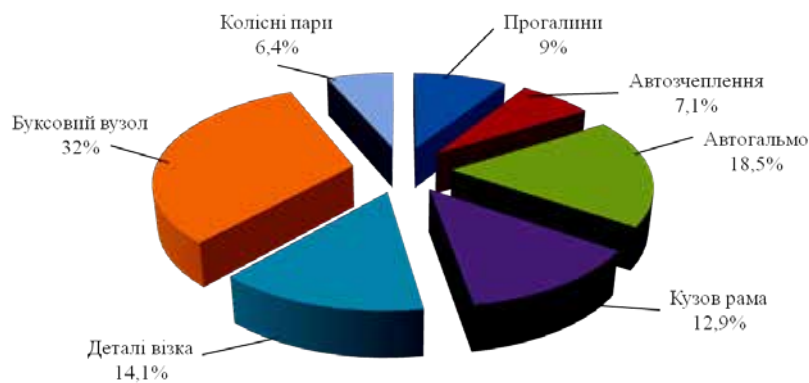


Рис. 6. Розподіл причин відчеплення вантажних вагонів до закінчення одного місяця після деповського та капітального ремонту



Рис. 7. Ознаки несправності буксового вузла

**Висновки.** В результаті дослідження особливостей роботи комплексу оцінки технічного стану локомотивного парку, планово-попереджувальної

системи технічного обслуговування та ремонту встановлено, що причиною виникнення позапланових ремонтів є високий період пробігу (часу) Т між проведенням діагностичних робіт по окремим вузлам локомотивів. На підставі аналізу відмов вузлів локомотивів визначено вузли, що лімітують норми міжремонтного пробігу за видами ремонту, передбаченими планово-попереджувальною системою обслуговування та ремонту. Виходячи з наявного досвіду в галузі технічної діагностики, для подальшого дослідження

було обрано один із лімітуючих вузлів локомотива – моторно-осьові підшипники колісно-моторного блоку. Враховуючи встановлені факти, для зниження відмов МОП колісно-моторного блоку локомотивів, а відповідно, для зниження простой локомотивів у ремонті та витрат на усунення наслідків непланових ремонтів необхідне ведення безперервної діагностики технічного стану МОП із застосуванням систем у складі бортового програмного обладнання локомотивів, які засновані на роботі безперервних моделей обчислення.

На підставі аналізу аварійності рухомого складу залізниць встановлено, що найбільш відповідальними з точки зору безпеки руху є вузли буксових, ходових та гальмівних систем вантажних вагонів, розподіл відчеплень у поточний ремонт через відмову даних пристроїв становить 15,41%, 20,52%, та 17,43% відповідно, 44,2% вантажних вагонів надходять у відчпний ремонт до закінчення 6 місяців після деповського та 1 року після капітального ремонту.

#### Список літератури:

1. Тартаковский Э. Д., Пузырь В. Г., Дацун Ю. Н. Формализация экспертных оценок при аттестации локомотиворемонтных производств. Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: *материалы первой международной научно-практической конференции* (Москва, 10 окт. 2014). Москва, 2014. С. 282–287.
2. Тэттер В. Ю., Тэттер А. Ю. Диагностирование подвижного состава и его связь с направлением цифровизации железных дорог. *Омский научный вестник*. 2018. № 3(30). С. 87–93.
3. Okorokov, A. M. Research into a possibility to prolong the time of operation of universal semi-wagon bodies that have exhausted their standard resource [Text] / A. M. Okorokov, O. V. Fomin, A. O. Lovska, R. V. Vernigora, I. L. Zhuravel, V. V. Fomin// *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2018. 3/7(93). P. 20–26. 2018. 3/7(93). P. 20–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.131309
4. Oleksij Fomin, Alyona Lovska, Vaclav Pistek, Pavel Kucera Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry // *MM Science Journal* March 2020. P. 3728–3733. DOI : 10.17973/MMSJ.2020\_03\_2019043 <https://www.mmscience.eu/journal/issues/March%202020/articles/research-of-stability-of-containers-in-the-combined-trains-during-transportation-by-railroad-ferry>
5. Aggoune L., Chetouani Y. Neyman-Pearson Test for Fault Detection in the Process Dynamics. *Journal of Failure Analysis and Prevention*. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11668-016-0186-y> Vol. P. 16. 999–1005.

6. Amarnath M., Praveen Krishna I. R. *Tribology International*. 2013. Vol. 61. PDetection and diagnosis of surface wear failure in a spur geared system using EEMD based vibration signal analysis. P. 224–234. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2013.01.001>.
7. Babanin O., Bulba V. Designing the technology of express diagnostics of electric train's traction drive by means of fractal analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4, 9(82). P. 45–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76520>.
8. Caso E., Fernandez-del-Rincon A., Garcia P., Iglesias M., Viadero F. *Applied Acoustics*. 2020. Vol. 159. 107092. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107092> Monitoring of misalignment in low speed geared shafts with acoustic emission sensors.
9. Oleksij Fomin, Alyona Lovska, Václav Píštěk, Pavel Kučera Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation // *Vibroengineering Procedia*. November 2019, Volume 29. P. 118–123. DOI: <https://doi.org/10.21595/vp.2019.21132> <https://www.jvejournal.com/article/21060>
10. Михалків С. В., Бульба В. І. Прогнозування технічного стану тягових редукторів електропоїздів дискретними стохастичними моделями. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2019. № 188. С. 23–35. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.188.2019.206182>
11. Тартаковський Е. Д., Михалків С. В., Ходаківський А. М., Сапон Р. Діагностування підшипників кочення допоміжних машин електровоза з використанням параметричної моделі та спектра обвідної вібрації. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування*. 2016. № 3(78). С. 12–18. <http://dx.doi.org/10.20535/2305-9001.2016.78.79374>
12. Chen B., Shen B., Chen F., Tian H., Xiao W., Zhang F., Zhao C. Fault diagnosis method based on integration of RSSD and wavelet transform to rolling bearing. *Measurement*. 2019. Vol. 131. P. 400–411. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.043>
13. Lovska A, Fomin O, Píštěk V, Kučera P. Dynamic Load Modelling within Combined Transport Trains during Transportation on a Railway Ferry. *Applied Sciences*. 2020; 10(16):5710. <https://doi.org/10.3390/app10165710> <https://www.mdpi.com/20763417/10/16/570>

#### **Fomin O.V., Baranov I.O., Miroshnykova M.V. ANALYSIS OF FAILURES OF RAILWAY ROLLING STOCK UNITS IN THE EXISTING SYSTEMS OF ASSESSMENT OF THEIR TECHNICAL CONDITION AND REPAIR**

*The paper analyzes failures of railway rolling stock units in existing systems for assessing their technical condition and repair. It has been established system for managing technical condition locomotive fleet includes complex structures locomotive complex interact at stages organizing transportation process, result which is maintain level technical condition that meets safety and rationality operation traction units. A diagram locomotive life cycle structure has been developed. Conclusions are drawn about failures elements and components locomotives, which are characterized by conditions their operation and period between maintenance and repair. It has been established that reason for unscheduled repairs is high period of run (time) between diagnostic work on individual units locomotives. It has been established that at time operation, locomotive is influenced by external and internal factors that tend to reduce level its technical condition. The main monitoring components are on-board and stationary systems for monitoring condition locomotive and freight car units, which affect traffic safety and performance transport units. Methods for diagnosing technical condition of motor-axial bearings wheel-motor unit are given. The procedure for performing maintenance operations with motor-axial bearings wheel-motor unit in scope work TO-2 is highlighted. The analysis is carried out and shortcomings technology for diagnosing motor-axial bearings by volume TO-3 are identified. Based on study failures belonging to rationality criteria for development technical diagnostic systems, main components and elements that require monitoring technical condition with decrease in sampling period in relation diagnostic systems are identified. A statistical analysis origin unscheduled repairs rolling stock was carried out. The main regularities appearance failures and reasons for receipt of freight cars for current repairs are established.*

**Key words:** statistical analysis, composition, technical condition, discretization, operating conditions, diagnostics.