

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
CNAM, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідуючий кафедрою: «Вагони та вагонне господарство»

к.т.н., доцент

(вч. звання, ступінь)

Рейдемейстер О.Г.

(підпис)

(ІЛП)

« » 20 р.

ПОЯСНЮЮЧА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

на отримання ОКР «магістр»

Напрямок 27 «Транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

спеціалізація «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

А ШЛЯХИ УНІФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ РУХОМОГО
У УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ
ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Виконав:

(підпис)

Хома Андрій Сергійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник:

д.т.н., проф.

(вч. звання, ступінь)

(підпис)

Кузін М.О.

(прізвище та ініціали)

Дніпро
2022

ЗАЯВА

Я, Хома Андрій Сергійович

(ПІБ повністю)

Студент групи 8-Інтер Спеціальності 273 Залізничний транспорт

(код та назва спеціальності)

освітньої програми Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

(назва освітньої програми)

Освітнього ступеня підготовки магістр

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Шляхи уніфікації технологій ремонту рухомого складу українських залізниць відповідно до вимог інтероперабельності

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з якими виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата 23.11.2022

Підпис



Керівник

Підпис



Кузін М.О.

(ПІБ керівника)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
CNAM, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідуючий кафедрою: «Вагони та вагонне господарство»

к.т.н., доцент Рейдемейстер О.Г.

(вч. звання, ступінь) (підпис) (П.І.П)

« » 20 р.

ПОЯСНЮЮЧА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

на отримання ОКР «магістр»

Напрямок 27 «Транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Спеціалізація «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

Тема ШЛЯХИ УНІФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ РУХОМОГО
СКЛАДУ УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ
ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Виконав:

 Хома Андрій Сергійович
(підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник:

д.т.н., проф. Кузін М.О.
(вч. звання, ступінь) (підпис) (прізвище та ініціали)

Дніпро
2022

ЗМІСТ

Список умовних скорочень	4
Вступ	5
Загальна характеристика дипломної роботи	7
Розділ 1. Аналіз нормативних документів України, що регламентують ремонт рухомого складу УЗ	11
1.1. Узагальнені вимоги до рухомого складу в експлуатації при допуску його на колію 1520 мм	11
1.2. Види технічного обслуговування та ремонтів рухомого складу в системі УЗ	13
1.3. Висновки	19
Розділ 2. Основні вимоги щодо ремонту рухомого складу згідно нормативів ЄС	20
2.1. Вимоги до рухомого складу в експлуатації згідно європейських директив	20
2.2. Регламентуючі документи TSI щодо ремонту європейського рухомого складу	28
2.3. Висновки	39
Розділ 3. Уніфікація технічних рішень щодо технологій ремонту рухомого складу згідно вимог інтероперабельності	40
3.1. Сучасні технології контролю технічного стану рухомого складу	40

					0031.185571.MP.2022.001		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хома А.С.			Шляхи уніфікації технологій ремонту рухомого складу українських залізниць відповідно до вимог інтероперабельності	Лит.	Лист
Перев.		Кузін М.О.					
Реценз						2	76
Н. Контр.		Болжеларський Я.В.					
Затверд.		Рейдемейстер О.Г.					

3.2. Прогнозування виходу їх ладу елементів конструкцій на основі комп'ютерних моделей	50
3.3. Висновки	65
Розділ 4. Технологічні рішення із ремонту елементів конструкцій рухомого складу України згідно із вимогами ЄС	66
4.1. Порівняльний аналіз технічного обслуговування та ремонту колісних пар згідно вимог ЄС та УЗ	66
4.2. Використання передбачувального аналізу для обслуговування колісних пар на колії 1520 згідно вимог ЄС	76
4.3. Висновки	78
Висновки	79
Список літератури	81

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

1. TSI (Technical Specification for Interoperability) - Технічна специфікація для функціональної сумісності
2. ПТЕ – правила технічної експлуатації
3. ЖЦ – Життєвий цикл
4. УЗ – Публічне акціонерне товариство "Укрзалізниця", українське державне підприємство, основною сферою діяльності якого є перевезення залізничним транспортом.
5. ДСТУ – державний стандарт України.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Відповідно до Закону України [1], який визначає основи діяльності залізничного транспорту загального користування, його роль в економіці та соціальній сфері України, регламентує його відносини з органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, іншими видами транспорту, пасажирами, відправниками та одержувачами вантажів, багажу, вантажобагажу та пошти з урахуванням специфіки функціонування цього виду транспорту як єдиного виробничо-технологічного комплексу, залізничний транспорт України – це виробничо-технологічний комплекс підприємств залізничного транспорту, призначений для забезпечення потреб громадського виробництва та населення країни у перевезеннях у внутрішньому та міжнародному сполученнях та надання інших транспортних послуг усім споживачам без обмежень за ознаками форми власності та видів діяльності.

При цьому, згідно зі статтею 19 Закону [1], «Стаття 19. Розвиток залізничного транспорту щодо транспортного забезпечення зовнішньоекономічної діяльності України. АТ "Укрзалізниця" має здійснювати розвиток інфраструктури транспортного забезпечення зовнішньоекономічної діяльності України, підвищувати пропускну та переробну спроможність прикордонних передавальних пунктів, наводити парк рухомого складу та контейнерів, що виходять на іноземну мережу залізниць, у відповідність до міжнародних стандартів та вимог».

Сучасні вимоги глобалізованої економіки, а також розвиток транспортних послуг, збільшення конкуренції як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках, висувають необхідність узгоджувати норми ремонту рухомого складу та підвищувати ефективність перевезення вантажів та пасажирів як у країні, так і міждержавному сполученні, що, у свою чергу, висуває необхідність узгодження не лише різних актів та вимог, але значною мірою конструктивних та інженерних рішень для всього рухомого складу на протязі всього життєвого циклу, що в сучасних умовах для економіки України є непростим завданням.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому перспективним є впровадження підходів за локальним узгодженням нормативних документів, яка дозволить з одного боку істотно зменшити капіталовкладення у забезпечення заданого рівня надійності, безпеки та ефективності експлуатації рухомого складу, а з іншого – відпрацювати підходи та рішення, які дозволять впроваджувати у практику роботи залізнично-транспортних систем технології, що вже пройшли попередню успішну апробацію.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Актуальність проблеми.

Глобальна зміна економіки, зростання вимог до часу та безпеки перевезення вантажів та пасажирів, посилення конкуренції, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, призводять до необхідності своєчасної технічної модернізації технологій ремонту та обслуговування рухомого складу в галузі узгодження нормативних документів ЄС та УЗ.

Тому на даний момент уніфікації нормативно-правової бази, а також розвиток підходів до експлуатації, ремонту та відновлення деталей рухомого складу згідно з вимогами інтероперабельності є актуальною проблемою сучасних залізниць України.

Об'єкт дослідження.

Об'єктом дослідження цієї роботи є вимоги нормативно-правової бази до технічного обслуговування та ремонту, що діють на території країн ЄС та України.

Предмет дослідження.

Предметом дослідження є узгодження та уніфікація нормативно-правової документації, а також технологічні рішення в галузі аналізу технічного стану елементів систем ходових частин рухомого складу України та зарубіжних країн (країн ЄС), що дозволяють забезпечувати цю уніфікацію.

Мета та завдання дослідження.

Метою роботи є розробка практичних технічних рекомендацій щодо впровадження технологічних рішень встановлення технічного стану рухомого складу України, які одночасно відповідали б вимогам стандартів Європейських країн та нормативам УЗ у галузі забезпечення безпеки залізничного руху.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення поставленої в роботі мети були сформульовані такі завдання дослідження:

1. Провести аналіз сучасної нормативної документації України, що регламентує ремонт рухомого складу.
2. Встановити основні вимоги щодо ремонту рухомого складу згідно нормативів ЄС.
3. На основі проведеного аналізу провести уніфікацію технічних рішень щодо технологій ремонту рухомого складу згідно вимог інтероперабельності.

Методи дослідження.

У цій роботі використані такі емпіричні та теоретичні методи: *методи порівняння, аналізу та синтезу, метод базового агрегату* (метод уніфікації - створення або модифікація конструкцій на основі стандартних та апробованих компонентів), *метод модифікації* (пристосування виробу, що вже випускається, до нових умов без зміни в них найбільш дорогих і відповідальних частин) і *метод агрегування* (принцип модульності, коли новий виріб створюється на основі комбінації вже наявних уніфікованих агрегатів, які мають повну взаємозамінність (сумісність) за експлуатаційними показниками та приєднувальним розмірами), сучасні методи *трибофатики*.

Матеріал дослідження.

Як матеріал для дослідження в роботі використано нормативно-правову документацію щодо ремонту і технічного обслуговування рухомого складу України та Європи, наукові публікації фахівців у галузі тертя та трибофатики, а також сучасні технологічні рішення встановлення технічного стану колісних пар рухомого складу у реальному часі

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукова значимість.

Наукова значимість роботи полягає в розробці підходів до проблеми впровадження технологічних рішень, які дозволяють проводити уніфікацію технологій ремонту рухомого складу українських залізниць відповідно до вимог інтероперабельності.

Практична значимість.

Практична значимість роботи полягає у запропонованих технологічних рішеннях зі встановлення поточного технічного стану та його передбачувального аналізу для елементів рухомого складу.

Апробація результатів дослідження.

Основні результати роботи доповідались на 14-ій Міжнародній науково-практичній конференції студентів та молодих вчених імені Г.М. Кірпи «Сучасні транспортні технології» (м. Львів, Україна).

Положення, які виносяться на захист:

1. Результати аналізу нормативно-правової документації та літературних джерел щодо ремонту рухомого складу УЗ.
2. Результати аналізу нормативно-правової документації щодо ремонту рухомого складу країн ЄС.
3. Запропоновані технологічні рішення зі встановлення поточного технічного стану та його передбачувального аналізу для елементів рухомого складу з метою уніфікації технологій ремонту рухомого складу українських залізниць відповідно до вимог інтероперабельності.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі списку умовних скорочень, вступу, 4-х розділів, висновків, списку літератури з 21 найменування. Загальний об'єм тексту – 86 сторінок.

Подяка.

Автор роботи хоче висловити подяку своєму науковому керівнику – д.т.н., проф. Кузіну Миколі Олеговичу, а також усім викладачам Львівського інституту Українського державного університету науки і технологій, хто допомагав порадами та підтримував при виконанні даної роботи.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ, ЩО РЕГЛАМЕНТУЮТЬ РЕМОНТ РУХОМОГО СКЛАДУ УЗ

1.1. Узагальнені вимоги до рухомого складу в експлуатації при допуску його на колію 1520 мм.

Одним із найбільш важливих документів, який визначає правові, економічні засади залізничного транспорту на Україні, а також його організаційні засади є Закон України про залізничний транспорт [1].

Загальні положення даного документа описані у розділі [1] (статті 1 -7).

Основні засади діяльності транспорту описані у розділі 2 (статті 8 - 10).

Згідно із цим розділом, безпека перевезень на транспорті визначається наступними нормативними документами: Статутом залізниць України, Правилами перевезень вантажів, Правилами перевезень пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України.

Питання безпеки руху більш конкретизуються та регламентуються у розділі 3 даного Закону.

Так у статті 11 визначається термін безпека руху поїздів як «комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безаварійної роботи та утримання в постійній справності залізничних споруд, колій, рухомого складу, обладнання, механізмів і пристроїв», та вказується, що рухомий склад має відповідати вимогам безпеці руху, схоронності вантажів та вимогам охорони праці.

Права, обов'язки та відповідальність на залізничному транспорті описані у розділі 6.

Більша конкретизації, хоча і в загальних рисах, подана у нормативному документі [2] – Статуті залізниць України.

Так, згідно розділу 4 (пункту 100) даного нормативного документу, залізниці України повинні забезпечувати безпеку користування залізничним

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

транспорт, а нормативні документи, що регламентують безпеку руху, є обов'язковими для всіх осіб (як фізичних, так і юридичних) на території України.

Більш жорсткі і конкретні вимоги щодо безпеки руху на залізницях України подані у Правилах технічної експлуатації [3].

Вимоги до технічних характеристик рухомого складу описані у Розділі 9 «Рухомий склад та спеціальний рухомий склад. Загальні вимоги» даного документу.

Так, у пункті 9.1 вказано, що «рухомий склад має утримуватися під час експлуатації у справному стані, що забезпечує його неперервну роботу, безпеку руху, та своєчасно проходити планово-попереджувальні види ремонту і технічного обслуговування».

У пункті 9.4 є ще більша конкретизація, а саме, що всі елементи несамохідного рухомого складу (вагонів) за параметрами міцності, стійкості та технічним станом мають гарантувати безпечний та плавний рух поїздів.

Для самохідного рухомого складу (локомотивів та моторвагонного рухомого складу) накладаються додаткові умови щодо обладнання приладами зв'язку, реєстрації швидкості, приладами керування.

Надзвичайно важливими для безпеки руху рухомого складу є стан колісних пар, гальмівного обладнання та автозчепного пристрою рухомого складу.

Цим важливим елементам конструкцій рухомого складу присвячені Розділи 10 та 11 даного нормативного документа.

Відмітимо тільки основні вимоги даних розділів.

Так у пункті 10.1 вказано, що «кожна колісна пара має відповідати вимогам Інструкції з обстеження, ремонту і формування колісних пар рухомого складу».

Числові параметри, що ставляться о колісних пар у даному розділі нашої роботи наводити не будемо.

Вимоги щодо гальмівного обладнання є інші.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Так основною вимогою є те, що автоматичні та електропневматичні гальма рухомого складу мають забезпечувати гальмове натиснення, що гарантує зупинку поїзда за екстреного гальмування на відстані не більшій гальмової відстані, визначених у розрахунках, затвердженими Державною адміністрацією залізничного транспорту України.

Вимоги щодо автозчепних пристроїв подані у пунктах 11.5 ...11.6.

Технічне обслуговування і ремонт рухомого складу подано у розділі 12 даного нормативного документа (пункти 12.1 – 12.10).

Основною вимогою даного розділу є те, що забороняється експлуатувати і допускати до руху в поїздах рухомий склад, що має несправності, які загрожують безпеці руху, порушують охорону праці, а також ставити в поїзди вагони, стан яких не забезпечує перевезення вантажів.

Конкретизація відповідальності за якість виконаного технічного обслуговування і ремонту та безпеку руху рухомого складу наведена у пункті 12.3.

Технічне обслуговування самохідного рухомого складу прописано у пунктах 12.4...12.10.

Як видно із наведених вище нормативних документів, навіть у документах «узагальненого плану» УЗ є достатньо чітко прописані вимоги щодо рухомого складу в експлуатації при допуску його на колію 1520 мм.

1.2. Види технічного обслуговування та ремонтів рухомого складу в системі УЗ

На залізницях України (в системі УЗ) діє система технічного обслуговування та ремонту вагонів (несамохідного рухомого складу), яка ґрунтується на застосуванні комбінованого критерію при направленні вагонів у плановий ремонт, що включає до свого складу первинний (основний) норматив — обсяг виконаної роботи після попереднього ремонту, і другорядний (неосновний) норматив — гранично припустиму календарну

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалість використання вагона у перевізному процесі між ремонтами. Вилучення вагона з експлуатації для проведення планового ремонту здійснюється після відпрацювання одного із двох нормативів. Перевищення даних нормативів не допускається, окрім випадків, передбачених Укрзалізницею.

Згідно [4], для вантажного несамохідного рухомого складу існують наступні види технічного обслуговування та ремонту:

ТО — це контроль за технічним станом вагонів, які перебувають у складі поїздів, а також порожніх, які відібрані для навантаження (огляд, ремонтні і профілактичні роботи) і не потребують відчеплення від состава поїзда чи групи вагонів; виявлення несправностей та їх усунення, постановка в поїзди і прямування в них справних вагонів;

ТОВ-1 — технічне обслуговування порожніх вагонів, які проходять комплексну підготовку до перевезень з відчепленням від поїзда і подачею на спеціальні ремонтні колії або пункти (ущільнення кузова, очищення та промивання кузовів або котлів цистерн та інші роботи);

ТОВ-2 — технічне обслуговування вагонів з відчепленням від транзитних, прибулих чи сформованих на станції поїздів для усунення виявлених несправностей і відновлення працездатності вагонів;

ДР — деповський ремонт — це плановий ремонт із заміною деяких вузлів і деталей, що перевершили термін служби, ремонт чи відновлення пошкоджених частин і деталей, необхідні профілактичні роботи з вагоном;

КР — капітальний ремонт — плановий ремонт, що виконується на заводах, де усуваються всі несправності, поновлюються зношені вузли і деталі вагона, виконуються модернізація і пофарбування.

КВР — капітально-відновний ремонт, виконується на вагоноремонтних заводах, де усуваються всі несправності, повністю поновлюються відповідальні вузли і деталі, проводиться модернізація, пофарбування, продовжується термін служби вагонів.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вилучення вантажних вагонів з робочого парку для деповського ремонту установлені за такими нормативами:

- після виконання деповського ремонту при досягненні 100 тис. км загального пробігу (завантажений плюс порожній), але не пізніше ніж через 2 роки експлуатації;

- після виконання капітального ремонту при досягненні 160 тис. км загального пробігу, але не пізніше ніж через 2 роки експлуатації;

- після побудови і капітального ремонту з продовженням визначеного строку служби вагонів через 210 тис. км загального пробігу, але не пізніше, ніж через 3 роки експлуатації.

Граничні строки вилучення вантажних вагонів у капітальний ремонт, залежно від роду і року випуску, установлені не раніше: після побудови 10-17 років, а спецвагонів для перевезення бітуму, коксу, агломерату, інших металургійних вантажів, вагонів-цистен для перевезення в'язких нафтопродуктів, кислот, меланжу, інших хімічних вантажів — 4-8 років; після капітального ремонту — відповідно 8-12 і 4-6 років експлуатації.

Для пасажирського несамохідного рухомого складу існує подібна система обслуговування та ремонту, але вона має специфіку, що характерна саме для пасажирських вагонів [4]:

ТО-1 — технічне обслуговування вагонів у складі поїзда на станції формування і обороту перед відправленням у рейс і в рейсі на пасажирських станціях, де є ПТО;

ТО-2 — технічне обслуговування в пунктах формування, проводиться два рази на рік перед початком літніх або зимових перевезень пасажирів (в травні і жовтні);

ТО-3 — єдина технічна ревізія основних вузлів пасажирських вагонів, виконується в пунктах приписки з відчепленням вагонів від складу поїзда, а також перед початком експлуатації вагонів, які не використовувались у перевезеннях більше 3 місяців;

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПР — поточний ремонт з відчепленням від складу поїзда в пунктах формування, обертання і на попутних станціях, а також вагонів горячого резерву і тривалого відстою;

ДР — деповський ремонт — плановий ремонт вагонів, що проводиться між капітальними ремонтами, з метою відновлення їх працездатності, з заміною чи ремонтом деяких складових частин, а також модернізацією, за необхідності, окремих вузлів;

КР-1 — капітальний ремонт першого обсягу, виконується на вагоно-ремонтних заводах з метою відновлення технічного стану вагонів шляхом заміни несправних складових частин та деталей відремонтованими або новими, а також, за необхідності, модернізація окремих вузлів;

КР-2 — капітальний ремонт другого обсягу, виконується також на вагоноремонтних заводах з метою відновлення технічного стану вагонів з частковим розкриттям кузова до металу та заміною теплоізоляції і повною заміною електропроводки. За необхідності мають бути замінені базові системи, елементи конструкції, проведена модернізація основних вузлів.

КР-2М — ремонт, за якого виконують ремонтні роботи в обсязі КР-2 з виконанням обов'язкових модернізацій, а також повну чи часткову заміну внутрішнього та зовнішнього обладнання;

КРП — ремонт пасажирських вагонів з відновленням ресурсу несучих елементів і візків, оновленням внутрішнього і зовнішнього обладнання, утворенням сучасного інтер'єру та продовженням терміну експлуатації до 41 року від побудови;

КВР — капітально-відновний ремонт з відновленням ресурсу несучих елементів кузовів і візків, оновленням внутрішнього і зовнішнього обладнання, утворенням сучасного інтер'єру та продовженням терміну експлуатації згідно технічних умов.

Технічне обслуговування ТО-3 проводиться в міжремонтні строки через кожні півроку експлуатації, а пасажирські вагони спеціального призначення (службові) і спеціально-технічні (гальмовипробувальні, лікарсько-санітарні,

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

вагони-клуби, динамометричні, відбудовних і пожежних поїздів, вагони-лавки тощо) — через один рік експлуатації (крім вагонів-дефектоскопів, вимірювачів колії, які обслуговують кожні півроку).

Нормативи для вилучення в деповський ремонт купейних, некупейних, міжобласних, м'яких вагонів, вагонів СВ і габариту РІЦ установлені через 300 тис. км загального пробігу, але не пізніше, ніж за 2 роки експлуатації. Календарні строки проведення деповського ремонту вагонів швидкісних поїздів установлені кожні півроку, вагонів-ресторанів, багажних, поштових і багажно-поштових — 1 рік, вагонів спеціального призначення і спеціально-технічних — 2-4 роки залежно від призначення.

Терміни проведення ремонтів КР-1 установлені залежно від типів вагонів не раніше, як через 5 років (вагонів-ресторанів, вагонів швидкісних поїздів — 4 роки, спеціального призначення — 6-15 років), КР-2 — 20 років (вагонів-ресторанів, вагонів швидкісних поїздів — 16 років), КВР — 28 років (вагонів-ресторанів — 25 років).

Для тягового рухомого та моторвагонного рухомого складу передбачена інша система технічного обслуговування.

Система технічного обслуговування тягового рухомого складу і планово-попереджувальних ремонтів включає [4]:

- технічне обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3, поточний ремонт ПР-1 — це огляди і роботи з метою попередження появи несправностей в експлуатації, підтримання рухомого складу в працездатному і належному санітарно-гігієнічному стані, забезпечення пожежної безпеки та безаварійної роботи;
- технічне обслуговування ТО-4 — для обточування бандажів колісних пар (без викочування їх з-під рухомого складу) з метою підтримання оптимальної величини прокату та товщини гребенів;
- технічне обслуговування ТО-5 — підготування тягового рухомого складу з консервацією для довгострокового зберігання при виділенні в запас Укрзалізниці або резерв Управління залізниці, підготування до експлуатації

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

після перебування в запасі Укрзалізниці або резерві Управління залізниці, перед відправленням в капітальний і поточний ремонти, на інші залізниці, або після прибуття в недіючому стані після виготовлення, ремонту чи передислокації;

- поточні ремонти ПР-2 та ПР-3 — для забезпечення справності рухомого складу, відновлення експлуатаційних характеристик та забезпечення їх стабільності в міжремонтний період, виконання ревізії, ремонту, заміни груп деталей, вузлів та агрегатів, а також часткової модернізації;

- капітальний ремонт КР-1, поточний ремонт підсилений ПР-3П — для відновлення паспортних характеристик, часткового відновлення ресурсу, заміни і ремонту зношених, несправних агрегатів, вузлів, деталей та їх модернізації;

- капітальний ремонт КР-2 — для відновлення справності та повного ресурсу тягового рухомого складу, його паспортних характеристик, модернізації агрегатів, вузлів та деталей, повної заміни кабелів та обладнання, що відпрацювало свій ресурс, на нове;

- капітальний ремонт з подовженням ресурсу КРП — для відновлення експлуатаційних характеристик, справності та повного ресурсу на період подовження строку служби понад встановленого після побудови, а також модернізації усіх агрегатів, вузлів і деталей, повної заміни на нові кабелів та обладнання з виробленим моторесурсом. Технічне обслуговування ТО-1 виконується локомотивними бригадами (огляд, прибирання, регулювання, очищення і змащення окремих вузлів і деталей тощо) за переліком робіт на підставі чинних положень та інструкцій.

Технічне обслуговування ТО-2 поїзних локомотивів та моторного рухомого складу проводиться в спеціальних ПТО, укомплектованих висококваліфікованими слюсарями, оснащених необхідним обладнанням, забезпечених технологічним запасом деталей та матеріалів; ТО-2 маневрових, вивізних та інших локомотивів при закріпленій їзді проводиться

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

також у ПТО слюсарями за участю закріплених локомотивних бригад; якщо ці локомотиви працюють на станціях, віддалених від депо і ПТО — силами локомотивних бригад і ремонтним персоналом пересувних майстерень. Періодичність ТО-2 встановлюється начальником залізниці в межах 24-60 годин, незалежно від пробігу. Тривалість ТО-2 для різних локомотивів встановлюється в межах 1-2 години.

Технічне обслуговування ТО-3, ТО-4, ТО-5, поточний ремонт ПР-1 виконуються в депо приписки тягового рухомого складу комплексними спеціалізованими бригадами. Поточний ремонт ПР-2 і ПР-3 виконуються в спеціалізованих депо залізниці, які мають необхідну ремонтну базу.

Технічне обслуговування ТО-4 дозволяється об'єднувати з виконанням ТО-3, ПР-1 і ПР-2.

Капітальний ремонт, модернізація тягового рухомого складу виконується на спеціалізованих заводах, за погодженням УЗ за відповідності ремонтної бази також можуть виконуватись у локомотивних депо. Нормативні міжремонтні періоди для технічного обслуговування ТО-3, усіх поточних і капітальних ремонтів встановлюються УЗ для кожного виду і серії тягового рухомого складу в залежності від їх пробігу.

1.3. Висновки

1. Проведено аналіз нормативних документів та спеціальної літератури України, які регламентують ремонт рухомого складу в системі УЗ.

2. Показано, що питання безпеки руху під час експлуатації рухомого складу достатньо чітко прописані та регламентовані.

3. Встановлено, що в УЗ діє жорстка система технічного обслуговування та ремонтів рухомого складу, яка має для кожного виду рухомого складу має чітко визначені межі як по часу експлуатації, так і об'єму виконаної роботи (пробігу).

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ, ЩО РЕГЛАМЕНТУЮТЬ РЕМОНТ РУХОМОГО СКЛАДУ УЗ

2.1. Вимоги до рухомого складу в експлуатації згідно європейських директив.

У даному розділі наведемо вимоги нормативного документа [5] “Directive (EU) 2016/798 of the European parliament and of the council of 11 May 2016. On railway safety”.

Згідно статті 1 Директиви [1], “Ця Директива встановлює положення для забезпечення розвитку та покращення безпеки залізничної системи Союзу та покращення доступу до ринку послуг залізничного транспорту шляхом:

- (a) гармонізація регуляторної структури в державах-членах;
- (b) визначення відповідальності між учасниками залізничної системи Союзу;
- (c) розробка спільних цілей безпеки і спільних методів безпеки з метою поступового усунення потреби в національних правилах;
- (d) встановлення принципів видачі, поновлення, зміни та обмеження або анулювання сертифікатів безпеки та дозволів;
- (e) вимога створення для кожної держави-члена національного органу безпеки та органу з розслідування аварій та інцидентів; і
- (f) визначення спільних принципів управління, регулювання та нагляду за безпекою залізниці.”.

Як видно із вищенаведеного фрагменту, дана Директива встановлює основні (базові) принципи управління (функціонування) залізничного транспорту в країнах ЄС.

У главі II даної Директиви «Розвиток та управління безпекою на залізниці», статті 4 – 9:

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Стаття 4 – «Роль учасників залізничної системи Союзу в розвитку та покращенні безпеки залізниці»;

Стаття 5 – «Загальні показники безпеки (CSI)»;

Стаття 6 – «Загальні методи безпеки (CSM)»;

Стаття 6а – «Приведення CSM у відповідність до переглянутих термінів»;

Стаття 7 – «Загальні цілі безпеки («CSTs»)»;

Стаття 8 – «Національні правила у сфері безпеки»;

Стаття 9 – «Системи управління безпекою».

У главі III даної директиви «Сертифікація безпеки та дозволів», містить наступні статті:

Стаття 10 – «Єдиний сертифікат безпеки»;

Стаття 11 – «Співпраця між Агентством та національними органами безпеки щодо видачі єдиних сертифікатів безпеки»;

Стаття 12 – «Дозвіл на безпеку від менеджерів інфраструктури»;

Стаття 13 – «Доступ до об'єктів тренувань»;

Стаття 14 – «Технічне обслуговування транспортних засобів»;

Стаття 15 – «Відступи від системи сертифікації організацій, які відповідають за технічне обслуговування».

Як видно, із наведених вище фрагментів нормативних документів, питанням безпеки у Директиві [3] приділяється значна увага, а питанням технічного обслуговування транспортних засобів (як невід'ємної складової безпеки на транспорті) виділена ціла стаття – стаття 14 «Технічне обслуговування транспортних засобів».

Розглянемо дану статтю більш детально, яка складається із 8-ми параграфів:

«1. Кожен транспортний засіб, перш ніж він буде використовуватися в мережі, має мати організацію, яка відповідає за технічне обслуговування, і ця організація повинна бути зареєстрована в реєстрі транспортних засобів відповідно до статті 47 Директиви (ЄС) 2016/797.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Без шкоди для відповідальності залізничних підприємств та менеджерів інфраструктури за безпечну експлуатацію поїзда, як це передбачено статтею 4, організація, відповідальна за технічне обслуговування, повинна забезпечити, щоб транспортні засоби, за технічне обслуговування яких вона відповідає, були в безпечний стан пробігу. З цією метою суб'єкт, відповідальний за технічне обслуговування, створює систему технічного обслуговування цих транспортних засобів і за допомогою такої системи:

(a) гарантувати, що транспортні засоби обслуговуються відповідно до файлу технічного обслуговування кожного транспортного засобу та чинних вимог, включаючи правила технічного обслуговування та відповідні положення TSI;

(b) впроваджувати необхідні методи оцінки та оцінки ризиків, встановлені в CSM, як зазначено в пункті (a) статті 6(1), у разі необхідності у співпраці з іншими учасниками;

(c) гарантувати, що його підрядники впроваджують заходи контролю ризиків шляхом застосування CSM щодо моніторингу, зазначеного в пункті (c) статті 6(1), і що це передбачено в договірних угодах, які розкриваються на запит Агентства або орган національної безпеки; і

(d) забезпечити відстежуваність діяльності з технічного обслуговування.

3. Система технічного обслуговування повинна складатися з таких функцій:

(a) функцію управління для нагляду та координації функцій технічного обслуговування, зазначених у пунктах (b)–(d), та для забезпечення безпечного стану транспортного засобу в залізничній системі;

(b) функцію розробки технічного обслуговування, відповідальну за управління документацією з технічного обслуговування, включаючи управління конфігурацією, на основі проектних та експлуатаційних даних, а також продуктивності та віддачі від досвіду;

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

(с) функція управління технічним обслуговуванням автопарку, щоб керувати видаленням транспортного засобу для технічного обслуговування та поверненням його в експлуатацію після технічного обслуговування;

(d) функцію надання технічного обслуговування для забезпечення необхідного технічного обслуговування транспортного засобу або його частин, включаючи документацію про передачу в експлуатацію.

Організація, відповідальна за технічне обслуговування, сама виконує функції управління, але може передати функції з технічного обслуговування, зазначені в пунктах (b) - (d), або їх частини, іншим сторонам, які підряджають, таким як майстерні з технічного обслуговування.

Організація, відповідальна за технічне обслуговування, повинна забезпечити відповідність усіх функцій, викладених у пунктах (a)–(d), вимогам і критеріям оцінки, викладеним у Додатку III.

Майстерні (підприємства) з технічного обслуговування повинні застосовувати відповідні розділи Додатку III, як визначено в імплементаційних актах, прийнятих відповідно до пункту (a) параграфа 8, які відповідають функціям і видам діяльності, які підлягають сертифікації.

4. У випадку вантажних вагонів та після ухвалення імплементаційних актів, зазначених у пункті (b) параграфа 8 у випадку інших транспортних засобів, кожна організація, відповідальна за технічне обслуговування, повинна бути сертифікована та отримати відповідальну організацію сертифікат технічного обслуговування (сертифікат ЕСМ), виданий уповноваженим або визнаним органом або національним органом безпеки відповідно до таких умов:

(a) процеси акредитації та визнання процесів сертифікації повинні ґрунтуватися на критеріях незалежності, компетентності та неупередженості;

(b) система сертифікації повинна надавати докази того, що організація, відповідальна за технічне обслуговування, створила систему технічного обслуговування для забезпечення безпечного стану експлуатації будь-якого транспортного засобу, за обслуговування якого вона відповідає;

(с) сертифікація ЕСМ базується на оцінці здатності суб'єкта, відповідального за технічне обслуговування, відповідати відповідним вимогам і критеріям оцінки, викладеним у Додатку III, і застосовувати їх послідовно. Він повинен включати систему нагляду для забезпечення постійної відповідності цим вимогам і критеріям оцінки після видачі сертифіката ЕСМ;

(d) сертифікація майстерень з технічного обслуговування має ґрунтуватися на відповідності відповідним розділам у Додатку III, застосованим до відповідних функцій і видів діяльності, які підлягають сертифікації.

Якщо організація, відповідальна за технічне обслуговування, є залізничним підприємством або менеджером інфраструктури, відповідність умовам, викладеним у першому абзаці, може перевірятися національним органом безпеки відповідно до процедур, зазначених у статті 10 або 12, і може бути підтверджено на сертифікати, видані відповідно до цих процедур.

5. Сертифікати, видані відповідно до пункту 4, є дійсними на всій території Союзу.

6. На основі рекомендацій Агентства Комісія за допомогою імплементаційних актів ухвалює детальні положення щодо умов сертифікації, зазначених у першому абзаці параграфа 4, для суб'єкта, який відповідає за технічне обслуговування вантажних вагонів, у тому числі вимоги, викладені в Додатку III, відповідно до відповідних CSM і TSI, і, якщо необхідно, вносить зміни до цих положень.

Ці імплементаційні акти ухвалюються відповідно до процедури перевірки, зазначеної в частині 3 статті 28.

Система сертифікації, застосовна до вантажних вагонів, прийнята Регламентом Комісії (ЄС) № 445/2011 (1), продовжує застосовуватися до тих пір, поки не почнуть діяти імплементаційні акти, зазначені в цьому параграфі.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7. До 16 червня 2018 року Агентство оцінює систему сертифікації суб'єкта технічного обслуговування вантажних вагонів, розглядає доцільність поширення цієї системи на всі транспортні засоби та обов'язкову сертифікацію підприємств з технічного обслуговування та подає свій звіт до Комісії. .

8. На основі оцінки, проведеної Агентством відповідно до параграфа 7, Комісія за допомогою імплементаційних актів ухвалює, якщо необхідно, і, якщо необхідно, згодом змінює детальні положення, що визначають, які з вимог, викладених у Додаток III застосовується з метою:

(а) функції технічного обслуговування, які виконуються майстернями з технічного обслуговування, включаючи докладні положення для забезпечення однакового впровадження сертифікації майстерень з технічного обслуговування, відповідно до відповідних CSM і TSI;

(б) сертифікація організацій, відповідальних за технічне обслуговування транспортних засобів, крім вантажних вагонів, на основі технічних характеристик таких транспортних засобів, включаючи детальні положення для забезпечення однакового виконання умов сертифікації суб'єктом, відповідальним за технічне обслуговування транспортних засобів крім вантажних вагонів, відповідно до відповідних CSM і TSI.

Ці імплементаційні акти ухвалюються відповідно до процедури перевірки, зазначеної в частині 3 статті 28.».

Оскільки у статті 14 написано, що вимоги до організацій, які відповідальні за технічні обслуговування прописані у Додатку III Директиви, наведемо даний додаток:

«Додаток III. Вимоги та критерії оцінки до організацій, що подають заявку на сертифікат ЕСМ або сертифікат щодо функцій технічного обслуговування.

Управління організацією має бути задокументовано в усіх відповідних частинах і, зокрема, має описувати розподіл обов'язків усередині організації та з субпідрядниками. Він повинен показати, як забезпечується контроль з

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

боку керівництва на різних рівнях, як залучається персонал та його представники на всіх рівнях і як забезпечується постійне вдосконалення.

Наступні основні вимоги повинні застосовуватися до чотирьох функцій суб'єкта, що відповідає за технічне обслуговування (ЕСМ), які покриваються самою організацією або через укладання контрактів:

1. Лідерство — прихильність до розробки та впровадження системи технічного обслуговування організації та до постійного підвищення її ефективності;

2. Оцінка ризиків — структурований підхід до оцінки ризиків, пов'язаних з технічним обслуговуванням транспортних засобів, у тому числі тих, які безпосередньо виникають внаслідок операційних процесів і діяльності інших організацій чи осіб, а також для визначення відповідних заходів контролю ризиків;

3. Моніторинг — структурований підхід для забезпечення того, що заходи контролю ризиків діють належним чином і досягають цілей організації;

4. Постійне вдосконалення — структурований підхід до аналізу інформації, зібраної за допомогою регулярного моніторингу, аудиту чи інших відповідних джерел, і використання результатів для навчання та вжиття превентивних або коригувальних заходів для підтримки або підвищення рівня безпеки;

5. Структура та відповідальність — структурований підхід до визначення обов'язків окремих осіб і команд для безпечного досягнення цілей організації у сфері безпеки;

6. Управління компетенціями — структурований підхід для забезпечення того, щоб працівники володіли компетенціями, необхідними для досягнення цілей організації безпечно, ефективно та результативно за будь-яких обставин;

7. Інформація — структурований підхід для забезпечення доступу до важливої інформації для тих, хто приймає судження та рішення на всіх

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

рівнях організації, а також для забезпечення повноти та доречності інформації;

8. Документація — структурований підхід для забезпечення відстеження всієї відповідної інформації;

9. Договірна діяльність — структурований підхід для забезпечення належного управління субпідрядною діяльністю для досягнення цілей організації та виконання всіх повноважень і вимог;

10. Діяльність з технічного обслуговування — структурований підхід для забезпечення:

— що всі дії з технічного обслуговування, що впливають на безпеку, і компоненти, критично важливі для безпеки, визначені та належним чином керовані, а також що всі необхідні зміни до тих заходів з технічного обслуговування, які впливають на безпеку, визначені та належним чином керовані на основі повернення досвіду та застосування Загальних методів безпеки для оцінки ризику відповідно до пункту (а) статті 6(1) і належним чином задокументовано;

— відповідність основним вимогам щодо сумісності;

— впровадження та перевірка засобів технічного обслуговування, обладнання та інструментів, спеціально розроблених і необхідних для проведення технічного обслуговування;

— аналіз вихідної документації щодо транспортного засобу для надання першого файлу ТО та забезпечення його правильного виконання шляхом розробки нарядів на технічне обслуговування;

— що компоненти (включаючи запасні частини) і матеріали використовуються відповідно до замовлень на технічне обслуговування та документації постачальника; вони зберігаються, обробляються та транспортуються належним чином, як зазначено в замовленнях на технічне обслуговування та документації постачальника, і відповідають відповідним національним і міжнародним правилам, а також вимогам відповідних розпоряджень про технічне обслуговування;

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

— що придатні та адекватні засоби, обладнання та інструменти визначені, надані, зареєстровані та зберігаються доступними, щоб забезпечити надання послуг з технічного обслуговування відповідно до замовлень на технічне обслуговування та інших застосовних специфікацій, забезпечуючи безпечне виконання технічного обслуговування, ергономіку та захист здоров'я;

— що організація має процеси для забезпечення правильного використання, калібрування, збереження та обслуговування вимірювального обладнання, усіх засобів, обладнання та інструментів відповідно до документованих процесів;

11. Контрольна діяльність — структурований підхід для забезпечення:

— що транспортні засоби своєчасно вилучаються з експлуатації для планового, умовного чи ремонтного обслуговування, або щоразу, коли були виявлені дефекти чи інші потреби;

— необхідні заходи контролю якості;

— що завдання з технічного обслуговування виконуються відповідно до наказів на технічне обслуговування та видати повідомлення про повернення до експлуатації, включаючи можливі обмеження щодо використання;

— що можливі випадки невідповідності у застосуванні системи управління, які можуть призвести до аварій, інцидентів, невдач або інших небезпечних подій, повідомляються, досліджуються та аналізуються, і що необхідні запобіжні заходи вживаються відповідно до загального методу безпеки для моніторингу, передбаченого пунктом (с) статті 6(1);

— регулярний внутрішній аудит і процес моніторингу, що відповідає загальному методу безпеки для моніторингу, передбаченому пунктом (с) статті 6(1).».

Як видно у вищенаведеній Директиві достатньо чітко обумовлені узагальнені вимоги щодо технічного обслуговування рухомого складу та критерії, які виставляються до підприємств, що цим займаються.

2.2. Регламентуючі пункти TSI щодо ремонту європейського рухомого складу

Розглянемо питання особливостей ремонту та технічного обслуговування європейського рухомого складу згідно нормативного документу [6] – (“TSI – Loc&Pas”).

Згідно статті 1 даного нормативного документу «Цим приймається технічна специфікація сумісності (TSI), що стосується підсистеми «рухомий склад — локомотиви та пасажирський рухомий склад» залізничної системи в усьому Європейському Союзі, як викладено в Додатку.».

Згідно статті 2 «1. TSI застосовується до підсистеми «рухомого складу», як описано в пункті 2.7 Додатку II до Директиви 2008/57/ЄС, яка експлуатується або призначена для експлуатації в залізничній мережі, визначеній у пункті 1.2 Додатку, та який підпадає під один із таких типів: (a) самохідні термічні або електричні поїзди; (b) теплові або електричні тягові агрегати; (c) пасажирські вагони; (d) обладнання для будівництва та обслуговування мобільної залізничної інфраструктури. 2. TSI застосовується до рухомого складу, зазначеного в параграфі 1, який призначений для експлуатації на одній або кількох із таких номінальних колій: 1435 мм, 1520 мм, 1524 мм, 1600 мм і 1668 мм, як зазначено в п. 2.3.2 додатку.».

Тобто вимоги даного TSI можуть розповсюджуватись також на рухомий склад, що експлуатується на колії 1520 мм.

Правила технічного обслуговування відмічені у пункті 4.5 Даного нормативного документа.

Розглянемо цей пункт більш детально, а саме наведемо переклад на українську мову даного пункту:

«4.5. Правила технічного обслуговування

(1) У світлі основних вимог, зазначених у розділі 3, положення щодо технічного обслуговування рухомого складу в межах цього TSI:

— пункт 4.2.11 «Обслуговування»

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

— пункт 4.2.12 «Документація щодо експлуатації та технічного обслуговування».

(2) Інші положення в Розділі 4.2 (пункти 4.2.3.4 і 4.2.3.5) визначають граничні значення для окремих характеристик, які мають бути перевірені під час технічного обслуговування.

(3) З інформації, згаданої вище та наданої в пункті 4.2, відповідні допуски та інтервали для забезпечення відповідності основним вимогам протягом усього терміну експлуатації рухомого складу визначаються на експлуатаційному рівні технічного обслуговування (не входить до сфери оцінки цього TSI); ця діяльність включає:

— визначення експлуатаційних значень, якщо вони не визначені в цій TSI, або якщо умови експлуатації дозволяють використовувати граничні значення під час експлуатації, відмінні від тих, що вказані в цій TSI.

— Обґрунтування експлуатаційних значень шляхом надання інформації, еквівалентної інформації, що вимагається в пункті 4.2.12.3.1 «Файл обґрунтування проекту технічного обслуговування».

(4) На основі інформації, зазначеної вище в цьому пункті, план технічного обслуговування визначається на робочому рівні технічного обслуговування (не входить до сфери оцінювання за цією TSI), що складається зі структурованого набору завдань з технічного обслуговування, які включають діяльність, випробування та процедури, засоби, критерії обслуговування, періодичність, робочий час, необхідний для виконання завдань з обслуговування.».

Оскільки у вищенаведеному фрагменті тексту є посилання на п. 4.2.11 та п. 4.2.12 даного TSI розглянемо дані пункти.

Пункт 4.2.11: «

4.2.11. Обслуговування

4.2.11.1. Загальні положення

(1) Технічне обслуговування та дрібний ремонт, необхідний для забезпечення безпечної роботи між технічними втручаннями, повинен бути

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечений, коли поїзд стоїть далеко від своєї звичайної бази обслуговування.

(2) Ця частина збирає вимоги до положень, що стосуються обслуговування поїздів під час експлуатації або коли вони стоять на мережі. Більшість цих вимог спрямовані на забезпечення того, щоб рухомий склад мав обладнання, необхідне для виконання положень, що вимагаються в інших розділах цієї TSI та TSI інфраструктури.

(3) Поїзди повинні бути здатні залишатися у відстою, без екіпажу на борту, з живленням від контактної мережі або допоміжним джерелом живлення для освітлення, кондиціонування повітря, холодильних шаф тощо.

4.2.11.2. Зовнішнє очищення поїзда

4.2.11.2.1 Очищення вітрового скла кабіни машиніста

(1) Цей розділ застосовується до всіх одиниць, обладнаних кабіною машиніста

(2) Повинна бути можливість чистити передні вікна кабіни машиніста ззовні поїзда без необхідності знімати будь-який компонент або покриття.

4.2.11.2.2 Зовнішнє очищення за допомогою мийної установки

(1) Цей розділ застосовується до одиниць, оснащених тяговим обладнанням, які призначені для зовнішнього очищення за допомогою мийної установки.

(2) Повинна бути можливість контролювати швидкість поїздів, які призначені для зовнішнього очищення через мийну станцію на рівній колії, на рівні від 2 км/год до 5 км/год. Ця вимога спрямована на забезпечення сумісності з мийними рослинами.

4.2.11.3. Підключення до туалетної зливної системи

(1) Цей пункт застосовується до установок, обладнаних герметичними системами утримання (з використанням чистої або переробленої води), які мають спорожнюватися через достатні проміжки часу за розкладом у призначених складах.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

(2) Наступні підключення пристрою до зливної системи туалету повинні відповідати наступним специфікаціям:

— 3 евакуаційна насадка (внутрішня частина): див. Додаток G-1. — Змивний патрубок для бачка унітазу (внутрішня частина), використання якого є обов'язковим: див. Додаток G-1. 12.12.2014 L 356/311 Офіційний вісник Європейського Союзу EN

4.2.11.4. Обладнання для заповнення водою

(1) Цей розділ застосовується до одиниць, обладнаних водопровідними кранами, на які поширюється дія пункту 4.2.5.1 цієї TSI.

(2) Вода, що подається до поїзда до місця наповнення рухомим складом на сумісній мережі, вважається питною водою відповідно до Директиви 98/83/ЄС, як зазначено в пункті 4.2.12.4 TSI INF. Бортове обладнання для зберігання не повинно створювати жодного додаткового ризику для здоров'я людей порівняно з ризиками, пов'язаними зі зберіганням води, наповненої відповідно до наведених вище положень. Ця вимога вважається виконаною шляхом оцінки матеріалу та якості трубопроводів і ущільнювачів. Матеріали повинні бути придатними для транспортування та зберігання води, придатної для споживання людиною.

4.2.11.5. Інтерфейс для поповнення водою

(1) Цей розділ застосовується до агрегатів, обладнаних резервуаром для води, який подає воду до санітарних систем, на які поширюється дія пункту 4.2.5.1 цієї TSI.

(2) Вхідне з'єднання резервуарів для води має відповідати малюнку 1 специфікації, на яку посилається в Додатку J-1, індекс 64. 4.2.11.6. Спеціальні вимоги до стоянки поїздів (1) Цей розділ застосовується до одиниць, призначених для живлення під час стайні.

(2) Пристрій має бути сумісним принаймні з однією з наведених нижче зовнішніх систем електроживлення та має бути обладнаний (за необхідності) відповідним інтерфейсом для електричного підключення до цього зовнішнього джерела живлення (розетка):

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

(3) Контакт джерела живлення лінія (див. пункт 4.2.8.2.9 «Вимоги, пов'язані з пантографом»),

(4) лінія електропостачання поїзда «типу UIC 552» (змінний струм 1 кВ, змінний/постійний струм 1,5 кВ, постійний струм 3 кВ), (5) місцева зовнішнє допоміжне джерело живлення 400 В, яке можна підключити до розетки типу «3Р+земля» відповідно до специфікації, зазначеної в Додатку J-1, індекс 65.

4.2.11.7. Заправне обладнання

(1) Цей розділ застосовується до одиниць, обладнаних системою заправки.

(2) Потяги, які використовують дизельне паливо відповідно до Додатку II Директиви 2009/30/ЄС Європейського Парламенту та Ради (1), повинні бути обладнані заправними муфтами з обох боків транспортного засобу на максимальній висоті 1500 мм над рівнем рейки; вони мають бути круглими з мінімальним діаметром 70 мм.

(3) Потяги, що використовують інший тип дизельного палива, повинні бути обладнані захищеним отвором і паливним баком для запобігання випадковій заправці неправильним паливом.

(4) Тип зчеплення для заправки повинен бути зафіксований у технічній документації.

4.2.11.8. Внутрішнє прибирання поїзда — джерело живлення

(1) Для одиниць із максимальною швидкістю, що перевищує або дорівнює 250 км/год, усередині одиниці повинно бути забезпечене з'єднання електроживлення потужністю 3000 ВА при 230 В, 50 Гц; вони повинні бути розташовані таким чином, щоб жодна частина приладу, яку потрібно очистити, не перебувала на відстані більше 12 метрів від однієї з розеток.».

Як видно питання пункту 4.2.11 відноситься в основному до тих, які в системі УЗ регламентуються згідно вимог ТО-1.

Розглянемо тепер пункт 4.2.12:

«4.2.12. Документація з експлуатації та технічного обслуговування

(1) Вимоги, зазначені в цьому пункті 4.2.12, стосуються всіх агрегатів.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.12.1. Загальні положення

(1) Цей пункт 4.2.12 TSI описує документацію, яку вимагає пункт 2.4 Додатку VI Директиви 2008/57/ЄС (пункт під назвою «Технічний файл»): «технічні характеристики, пов'язані з проектом, включаючи загальні та детальні креслення, стосовно виконання, електричні та гідравлічні схеми, схеми ланцюгів керування, опис систем обробки даних та автоматичних систем, документація щодо експлуатації та технічного обслуговування тощо, що стосується відповідної підсистеми.»

(2) Ця документація, будучи частиною технічний файл, складається уповноваженим органом і повинен супроводжувати декларацію ЄС про перевірку.

(3) Ця документація, яка є частиною технічного файлу, подається заявнику та зберігається заявником протягом усього терміну служби підсистеми.

(4) Запитувана документація стосується основних параметрів, визначених у цьому TSI. Його зміст описано в пунктах нижче.

4.2.12.2. Загальна документація

Повинна бути надана така документація, що описує рухомий склад:

(1) Загальні креслення.

(2) Електричні, пневматичні та гідравлічні схеми, схеми ланцюгів керування, необхідні для пояснення функції та роботи відповідних систем.

(3) Опис комп'ютеризованих бортових систем, включаючи опис функціональних можливостей, специфікації інтерфейсів, обробки даних і протоколів.

(4) Еталонний профіль і відповідність інтероперабельним еталонним контурам G1, GA, GB, GC або DE3, як вимагається в пункті 4.2.3.1.

(5) Ваговий баланс із врахуванням гіпотези щодо умов навантаження, як вимагається в пункті 4.2.2.10.

(6) Навантаження на вісь і відстань між осями, як вимагається в пункті 4.2.3.2.1.

(7) Звіт про випробування щодо динамічної поведінки під час руху, включаючи запис якості випробувальної доріжки та параметри навантаження на доріжку, включаючи можливі обмеження використання, якщо випробування транспортного засобу охоплює лише частину умов випробування, як вимагається в пункті 4.2.3.4.2.

(8) Гіпотеза, прийнята для оцінки навантажень внаслідок руху візка, як вимагається в пунктах 4.2.3.5.1 і в пункті 6.2.3.7 для колісних пар.

(9) Ефективність гальмування, включаючи аналіз режиму відмови (погіршений режим), як вимагається в пункті 4.2.4.5.

(10) Наявність і тип туалетів у блоці, характеристики змивного середовища, якщо це не чиста вода, характер системи очищення випущеної води та стандарти, згідно з якими було оцінено відповідність, як вимагає пункт 4.2.5.1.

(11) Положення, прийняті щодо вибраного діапазону параметрів навколишнього середовища, якщо вони відрізняються від номінальних, як вимагається в пункті 4.2.6.1.

(12) Характерна крива вітру (CWC), як вимагається в пункті 4.2.6.2.4.

(13) Характеристики тяги, як вимагається в пункті 4.2.8.1.1.

(14) Встановлення бортової системи вимірювання енергії та її бортової функції локації (необов'язково), як вимагається в пункті 4.2.8.2.8; опис бортового зв'язку з землею.

(15) Гіпотеза та дані, що розглядаються для дослідження сумісності для систем змінного струму, як вимагається в пункті 4.2.8.2.7.

(16) Кількість пантографів, які одночасно контактують з обладнанням повітряної контактної лінії (OCL), їх відстань і тип розрахункової відстані OCL (А, В або С), що використовується для оціночних випробувань, як вимагається в пункті 4.2.8.2.9.7.

4.2.12.3. Документація, пов'язана з техобслуговуванням

(1) Технічне обслуговування — це комплекс заходів, спрямованих на підтримку або відновлення функціонального блоку в стані, в якому він може виконувати свої необхідні функції, забезпечуючи постійну цілісність систем безпеки та відповідність застосовним стандартам. Повинна бути надана

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

наступна інформація, необхідна для виконання заходів з технічного обслуговування рухомого складу:

(2) «Файл обґрунтування проекту технічного обслуговування»: пояснюється, як визначаються та проектуються заходи з технічного обслуговування, щоб гарантувати, що характеристики рухомого складу будуть підтримуватися в прийнятних межах використання під час його життя. Файл повинен містити вхідні дані для визначення критеріїв перевірки та періодичності технічного обслуговування.

(3) «Файл опису технічного обслуговування»: пояснює, як мають виконуватися дії з технічного обслуговування.

4.2.12.3.1 «Файл обґрунтування проекту технічного обслуговування». Файл обґрунтування проекту технічного обслуговування повинен містити:

(1) Прецеденти, принципи та методи, використані для розробки технічного обслуговування установки.

(2) Профіль використання: межі нормального використання пристрою (наприклад, км/місяць, кліматичні обмеження, дозволені типи навантажень тощо).

(3) Відповідні дані, що використовуються для розробки ведення та походження цих даних (повернення досвіду).

(4) Випробування, дослідження та розрахунки, проведені для розробки технічного обслуговування. Отримані засоби (об'єкти, інструменти...), необхідні для технічного обслуговування, описано в пункті 4.2.12.3.2 «документація з технічного обслуговування».

4.2.12.3.2 Файл опису технічного обслуговування

(1) Файл опису технічного обслуговування повинен описувати, як мають проводитися дії з технічного обслуговування.

(2) Діяльність з технічного обслуговування включає всі необхідні дії, такі як перевірки, моніторинг, випробування, вимірювання, заміни, налаштування, ремонт.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

(3) Діяльність з технічного обслуговування поділяється на: — профілактичне технічне обслуговування; планове та контрольоване — Коригувальний ремонт. Файл опису технічного обслуговування повинен включати наступне:

(4) Ієрархія компонентів і функціональний опис: Ієрархія встановлює межі рухомого складу шляхом переліку всіх елементів, що належать до структури продукту цього рухомого складу та використання відповідної кількості окремих рівнів. Найнижчий пункт ієрархії повинен бути замінним блоком.

(5) Принципові електричні схеми, схеми з'єднань і електропроводки

(6) Перелік деталей: Список частин повинен містити технічний і функціональний опис запасних частин (змінних частин). Список повинен включати всі частини, визначені для заміни за станом, або які можуть вимагати заміни після електричної чи механічної несправності, або які передбачувано вимагатимуть заміни після випадкового пошкодження (наприклад, лобове скло). Необхідно вказати складову сумісності з посиланням на відповідну декларацію про відповідність.

(7) Необхідно вказати граничні значення для компонентів, які не повинні перевищуватися під час експлуатації; допускається можливість визначення експлуатаційних обмежень у зниженому режимі (досягнуто граничне значення).

(8) Європейські юридичні зобов'язання: якщо компоненти або системи підпадають під конкретні європейські юридичні зобов'язання, ці зобов'язання мають бути перелічені.

(9) Структурований набір завдань, який включає дії, процедури, засоби, запропоновані заявником для виконання завдання з обслуговування.

(10) Опис діяльності з технічного обслуговування. Необхідно задокументувати наступні аспекти (якщо вони є специфічними для застосування): — креслення інструкцій з розбирання/складання, необхідні для правильного складання/розбирання замінних частин — критерії технічного обслуговування — перевірки та випробування — інструменти та матеріали, необхідні для виконання завдання (спеціальні інструменти) —

Витратні матеріали, необхідні для виконання завдання — Засоби індивідуального захисту та обладнання (спеціальне).

(11) Необхідні випробування та процедури, які необхідно проводити після кожної операції з технічного обслуговування перед повторним введенням в експлуатацію рухомого складу.

(12) посібники з усунення несправностей (діагностика несправностей) або обладнання для всіх розумно передбачуваних ситуацій; це включає функціональні та принципові схеми систем або систем пошуку несправностей на основі ІТ.

4.2.12.4. Експлуатаційна документація Технічна документація, необхідна для експлуатації агрегату, складається з:

(1) Опис роботи в нормальному режимі, включаючи робочі характеристики та обмеження блоку (наприклад, габарит транспортного засобу, максимальна проектна швидкість, навантаження на вісь, продуктивність гальм...) .

(2) Опис різних розумно передбачуваних погіршених режимів у разі значних для безпеки відмов обладнання або функцій, описаних у цьому TSI, разом із відповідними допустимими межами та умовами експлуатації блоку, які можуть виникнути.

(3) Опис систем керування та моніторингу, які дозволяють ідентифікувати значущі для безпеки несправності обладнання або функцій, описаних у цьому TSI (наприклад, пункт 4.2.4.9, що стосується функції «гальмування»).

(4) Ця технічна експлуатаційна документація є частиною технічного файлу.

4.2.12.5. Схема підйому та інструкції. Документація повинна включати:

(1) Опис процедур підйому та підняття домкратом та відповідні інструкції.

(2) Опис інтерфейсів для підйому та домкрату.

4.2.12.6. Описи, пов'язані з порятунком. Документація повинна включати:

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

(1) Опис процедур використання аварійних заходів і відповідних необхідних запобіжних заходів, які необхідно вжити, як, наприклад, користування аварійними виходами, в'їздом на РСТ для порятунку, ізоляцією гальм, електрозаземленням, буксируванням.

(2) Опис наслідків, коли вживаються описані надзвичайні заходи, наприклад, зниження продуктивності гальм після відключення гальм. ».

Після наведення цих фрагментів нормативних документів, можна зробити висновок, що питання щодо ремонту європейського рухомого складу в TSI достатньо жорстко прописані, при цьому має бути сформований так званий «Технічний файл» на одиницю рухомого складу під час її експлуатації, «Файл обґрунтування технічного обслуговування» та «Файл опису технічного обслуговування», в якому, зокрема, необхідно вказати граничні значення для компонентів, які не повинні перевищуватися під час експлуатації.

2.3. Висновки

1. Проведено аналіз основних вимог щодо ремонту рухомого складу згідно нормативів ЄС.

2. Показано, що у Директиві ЄС, що стосується залізничного транспорту достатньо чітко обумовлені узагальнені вимоги щодо технічного обслуговування рухомого складу та критерії, які виставляються до підприємств, що цим займаються.

3. Встановлено, що питання щодо ремонту європейського рухомого складу в TSI достатньо жорстко прописані, при цьому має бути сформований так званий «Технічний файл» на одиницю рухомого складу під час її експлуатації, «Файл обґрунтування технічного обслуговування» та «Файл опису технічного обслуговування», в якому, зокрема, необхідно вказати граничні значення для компонентів, які не повинні перевищуватися під час експлуатації.

РОЗДІЛ 3.

УНІФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗГІДНО ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

3.1. Сучасні технології контролю технічного стану рухомого складу.

Однієї із найважливіших, можна навіть сказати критичних вузлів рухомого складу, є колісні пари, оскільки їх технічний стан визначає не тільки можливість подальшої експлуатації рухомого складу, але й безпеку його руху.

В цьому є зрозумілим, що як в нормативних документах УЗ та і європейських залізниць даним питанням приділяється значна увага.

Разом із тим, питання уніфікації технічних рішень щодо діагностування, ремонту та технічного обслуговування колісних пар є відкритими.

Розглянемо сучасні технологічні рішення, які використовуються у Європі, США та інших країнах для діагностування колісних пар. Розглядати дані рішення ми будемо базуючись на літературному джерелі [7].

Принцип організації планового ремонту та технічного обслуговування передбачає періодичне надходження рухомого складу в депо (на ремонтний завод) при досягненні ним заданих за часом або пробігом граничних значень, що встановлюються на основі накопиченого досвіду та статистики відмов.

Оптимізація граничних термінів здійснюється виходячи з умов забезпечення працездатності рухомого складу між двома оглядами чи ремонтами та характеризується тим, що безпосередньо перед настанням граничного зносу даного вузла виконуються планово-попереджувальні роботи. Цей принцип успішно застосовується на рухомому складі, у якого переважають нескладні механічні вузли та електромеханічні пристрої, стан яких може бути визначений під час огляду.

При використанні складних деталей і вузлів, що містять електронні та мікропроцесорні пристрої, поняття їхнього зносу втрачає сенс, а працездатність неможливо визначити візуально.

Їх фактичний технічний стан можна визначити лише за допомогою спеціальних засобів контролю та діагностики.

Вимір параметрів та визначення стану складних механічних та електронно-механічних систем у багатьох випадках суттєво складна. Тому застосовують методи непрямого визначення зносу (зношування) окремих вузлів та агрегатів з використанням бортових та стаціонарних засобів діагностики.

До пристроїв автоматичного контролю технічного стану рухомого складу на ходу поїзда належать стаціонарні системи виявлення окремих видів несправностей рухомого складу, які є додатковими засобами підвищення безпеки руху поїздів.

Розглянемо пристрої (розробки провідних залізничних компаній США та Західної Європи) для контролю рухомого складу в русі.

Оптичний контроль параметрів колісних пар.

Порівняно недавно на залізницях ряду країн стали впроваджуватись системи контролю параметрів колісних пар рухомого складу в русі, що працюють на принципі безконтактного оптичного виміру. Ці системи дозволяють виявляти дефекти колеса задовго до того, як можуть стати причиною аварії. З їх допомогою можна вимірювати в динаміці такі параметри колеса, як діаметр, висота і товщина гребеня, ширина поверхні поверхні катання, що зношується, товщина обода.

У табл. 3.1 наведено технічні характеристики низки систем безконтактного оптичного контролю параметрів колісних пар. Основними функціональними елементами даних систем, що використовують тріангуляційний принцип для вимірювання відстаней до відповідних ділянок поверхні колеса, є:

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- джерело випромінювання - лазерний діод, що працює, як правило, у видимому діапазоні довжин хвиль (630-670 нм) і рідше - в інфрачервоному (ІЧ) діапазоні;

- фотоприймач, що реєструє випромінювання, відбите від поверхні колеса;

– засоби обробки результатів вимірювання, необхідні для визначення поточних параметрів колеса та їх порівняння з необхідними значеннями. З таблиці видно, що максимальні значення швидкості рухомого складу, у яких виконуються виміри, заявлені компаніями – виробниками систем, вбирається у 100 км/год. Реально вони ще нижчі.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики систем безконтактного оптичного контролю параметрів колісних пар

Система	Вимірювані параметри	Похибка вимірювання, мм	Швидкість, км/год
Tread View (Велика Британія)	Профіль колеса, висота та товщина гребеня	$\pm 0,5$	8
WPMS (Австралія)	Висота і товщина гребеня, товщина обода, прокат поверхні катання	$\pm 0,5$	60
Wheel Spec (США)	Профіль колеса, висота та товщина гребеня, діаметр колеса, товщина обода, прокат поверхні кочення, повзуни	Немає даних	100
WIS (США)	Профіль та діаметр колеса, висота та товщина гребеня, товщина обода	$\pm 0,2$; для діаметра колеса $\pm 0,4$	80
Wheel Scan (США)	Висота і товщина гребеня, товщина обода, ширина частини, що зношується, поверхні кочення	$\pm 0,05$	30
Argus (ФРН)	Профіль та діаметр колеса, повзуни, некруглості коліс	$\pm 0,2$	12

У більшості систем зондуєний промінь лазера, розташованого нижче за рівень рейки, проектується під деяким кутом на бічну поверхню колеса.

Така схема реалізована в системах Tread View, WPMS, Wheel Spec, GeoTech та інших.

Перевага таких систем – можливість проведення вимірювань за встановленої швидкості руху рухомого складу. Подальше удосконалення цих систем пов'язані з інтеграцією в уніфіковані цифрові комплекси, об'єднані в розподілені комп'ютерні мережі, що охоплюють полігони однієї чи кількох залізниць.

Принцип побудови систем контролю параметрів колісних пар заснований на опроміненні поверхні катання колеса лазером, площина променя якого перпендикулярна цій поверхні, реалізований у таких вимірювальних системах, як Argus (Hegen-scheidt-MFD, Німеччина) та EVA (Talgo Group, Іспанія).

Лазер у разі розташовується нижче рівня головки рейки. Локальні вимірювальні станції Argus дозволяють безперервно контролювати технічний стан вагонів і фактичне навантаження на шлях.

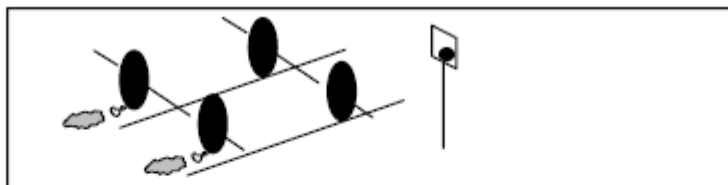
Система Argus забезпечує високу точність та достовірність вимірів.

Процедура вимірювань не перешкоджає нормальному руху поїздів, а транспортні засоби не потребують додаткового обладнання.

Можливі три рівні комплектації системи Argus: розташований на шляху детектору сходу; засоби автоматичного контролю поїздів з визначенням вертикальних сил та дефектів коліс; комплекс вимірювань параметрів, що визначають стійкість вагона до сходу, вертикальних та поперечних сил, параметрів виляння, шуму.

Функції та можливості комплектації системи Argus наведено на рис. 3.1.

Рівень 1
Детектор сходу



Рівень 2
Контроль поїзду
в русі



Рівень 3
Контроль поїзду
і захист від сходу

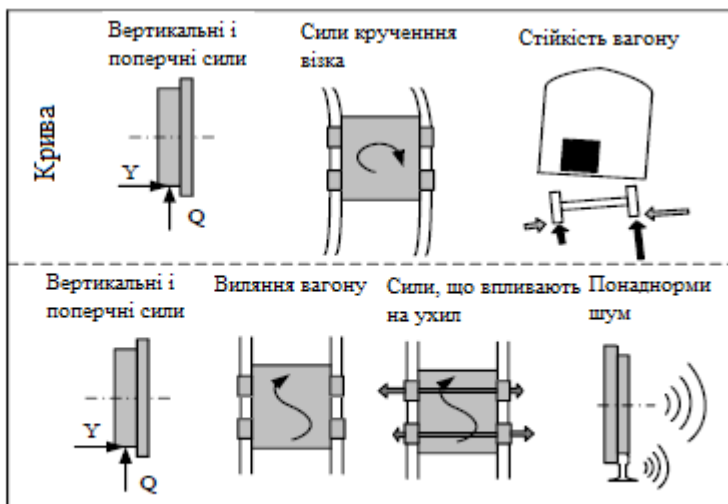


Рис.3.1 – Функції та можливості комплектації системи Argus

Система контролю габариту РАВ створена для того, щоб не допустити потрапляння елементів вантажу, що виступають, у критичні зони за межами габариту.

Основна мета впровадження ТССС – розпізнавання рухомого складу з небезпечними дефектами та ухвалення рішення про виключення його з перевізного процесу у відповідному місці.

Комплексна система контролю рухомого складу компанії Thales

Французька компанія Thales налагодила поставку комплексних систем управління рухом поїздів та забезпечення безпечної експлуатації рухомого складу.

Пункти контролю системи CheckPoint французької компанії Thales призначені для моніторингу стану вагонів, що проходять. Датчики чотирьох різних видів збирають індивідуальну інформацію про кожен вагон. Ця

інформація аналізується в концентраторах і через мережу передається до центру управління. Сигнал тривоги надходить безпосередньо поїзному диспетчеру, а критичних ситуаціях поїзд зупиняється автоматично.

За навантаженням від колеса на шлях обчислюється завантаження вагона, маса тари якого визначається за його типом, що ідентифікується автоматичним датчиком. Усунення вантажу визначається шляхом порівняння навантаження від коліс з двох сторін вагона.

Детектор сходу і руху юзом DDED виявляє вагон або колісну пару, що зійшов з рейок і здійснює моніторинг стану зчіпних пристроїв та кузова на наявність перекосу. Температура буксових вузлів контролюється інфрачервоними датчиками.

Усі результати вимірювань передаються з лінійних пунктів контролю CheckPoint до центрального пункту цієї системи, а звідти за потребою до диспетчерського центру залізниці.

Конфігурація CheckPoint на магістралі NSR наведено рис. 3.2.



Рис. 3.2 – Конфігурація CheckPoint на магістралі NSR

В Іспанії, Франції, Південній Кореї, Литві, Німеччині, Австрії, Індії для своєчасного виявлення рухомого складу з дефектами поверхні катання колеса використовується система Sensorline.

Досвід використання системи на мережі залізниць показав, що її впровадження дозволило зменшити витрати, пов'язані зі зносом рухомого складу та залізничного полотна, шум та вібрацію, підвищити рівень комфорту при пасажирських перевезеннях. У системі використовуються вбудовані датчики на основі волоконно-оптичної технології для вимірювання сили, що передається від колеса на рейки. Зовнішній вигляд волоконно-оптичного датчика системи Sensorline та схема його встановлення показані на рис. 3.3.

Товщина датчиків системи Sensorline дозволяє встановлювати їх замість стандартної гумової підкладки. При проходженні колеса над датчиком збільшуються сили реакції в системі «рейка – шпала», що викликає деформацію датчика. Виміряні значення інтерпретуються програмним забезпеченням протягом кількох секунд, локалізуючи дефектні колеса і передаються в базу даних.

Дані про дефектні колеса та їх місце розташування в поїзді передаються в пункт диспетчерського контролю лінії передачі даних. Довжина вимірної ділянки системи Sensorline становить від 4,2 до 7,8 м. Для підвищення достовірності контролю в системі передбачена можливість збільшення довжини ділянки. Колесо в процесі контролю робить два і більше обертів. Система здатна працювати на швидкостях від 35 до 350 км/год, проте мінімальна похибка вимірювання 3% досягається за швидкості руху складу до 60 км/год.



а



б

Рис. 3.3. – Зовнішній вигляд волоконно-оптичного датчика системи Sensorline (а) та схема його встановлення (б)

Діагностична система Multirail WheelScan (Німеччина) використовується для контролю поверхні кочення коліс рухомого залізничного складу. Системи цього типу встановлені як у головні, і на другорядні шляхи.

У процесі експлуатації встановлено, що висока економічна ефективність підлогових діагностичних систем досягається на коліях із значним вантажопотоком. Зовнішній вигляд діагностичного обладнання системи Multirail WheelScan наведено на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд діагностичного обладнання системи Multirail WheelScan

Система Multirail WheelScan дозволяє під час руху поїзда проводити діагностику колісних пар, а також ідентифікувати рухомий склад, який через наднормативне завантаження або динамічних сил здатний завдати пошкодження інфраструктурі залізничних ліній.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

0031.185571.MP.2022.001

Лист

47

При русі складу діагностичною ділянкою система визначає відхилення профілю колеса від кола, динамічні сили по колесах, візках, вагонах. У програмному забезпеченні передбачено функції визначення номера вагона, збереження всіх результатів діагностики в пам'яті комп'ютера, роздруківки діагностичних даних, їх візуалізації у спеціалізованій підпрограмі.

Система проводить контроль навантаження від вагонів, осей та коліс, а також ідентифікує навантаження у вагоні праворуч – зліва та спереду – ззаду. Після проходу поїзда всі дані передаються у систему управління рухом. Система дає змогу підключати зовнішні діагностичні комплекси для ідентифікації вагонів.

Система Multirail WheelScan застосовується для автоматизації контролю залізничного рухомого складу, динамічних сил та їх розподілу на основі вимірювання сил реакції шпал, тензодатчиків та вібродатчиків.

Особливістю системи є використання спеціалізованих шпал, що встановлюються замість стандартних, на діагностичній ділянці колії. Вимірювальна технологія Multirail WheelScan дозволяє реєструвати навантаження, що діють між рейкою та колесом. На підставі цього визначаються дефекти, критичні для рухомого складу та верхньої будови шляху. Визначення ваги вагона та його розподіл між осями дозволяє проводити моніторинг роботи відправників вантажу.

Досвід використання системи Multirail WheelScan показав, що її застосування дозволяє виявляти вагони, які можуть призвести до пошкодження залізничної колії внаслідок перевантаження або через наднормативні динамічні сили, викликані дефектами поверхні катання.

У США розроблено діагностичну систему Wheel Impact Load Detector (WILD). Зовнішній вигляд вимірювального обладнання системи WILD представлено на рис. 3.5. Вимірювальна ділянка загальною довжиною 16 м монтується безпосередньо на дорозі над 25 шпалами. Конструктивно він складається з трьох вимірювальних зон: центральної та двох бічних. Відстань між зонами обмежується трьома шпалами, довжина бічних зон становить

шість, а центральної зони – сім шпал. На шийку рейки у проекції між шпалами встановлюється вісім тензорезисторів, які потім з'єднуються у бруківку. Тензорезистори розташовані на рейці таким чином, щоб вихідний сигнал був пропорційний вертикальній силі, що передається від колеса на рейку. Посилений та оцифрований сигнал з виходу бруківки передається в центральний процесор системи.

При проході поїзда через вимірювальну зону система реєструє сигнали і у разі перевищення заданого порогового рівня направляє повідомлення в центр управління рухом. Лабораторні та польові випробування даної системи показали мінімальну чутливість до бокових дій колеса на рейку. Вихідний сигнал від колеса, що не має дефектів на поверхні кочення і обороту в зоні установки тензорезисторів, що має трапецієподібну форму з досить однорідною чутливістю. На вихідний сигнал впливає швидкість руху, частотну характеристику системи «колесо-рейка-підрейкова основа», яка залежить від наведеної маси рейки та динамічної жорсткості шляху.



Рис. 3.5 – Зовнішній вигляд вимірювальної ділянки системи WILD

Амплітуда вихідного сигналу функціонально пов'язана зі зміною маси складу, викликаним нерівностями колеса та рейки, а також динамікою вагона. Зона чутливості однієї групи тензодатчиків становить 20 див.

Система WILD працює в діапазоні швидкостей від 40 до 300 км/год із роздільною здатністю при вимірі вертикальних сил, що дорівнює 40 Н. При експлуатації системи на залізницях з'ясувалося, що довгі нерівності на колесах на високих швидкостях є причиною найбільшого динамічного впливу. Дані дефекти практично не виявляються під час візуального огляду.

3.2. Прогнозування виходу із ладу елементів конструкцій на основі математичних та комп'ютерних моделей у реальному часі.

Згідно [8], прогнозування індивідуального залишкового ресурсу відноситься до конкретного технічного об'єкта, що знаходиться в експлуатації. Основою для прогнозування є інформація, яку умовно можна поділити на три частини.

По-перше, це дані поточного (оперативного) пошуку дефектів у процесі експлуатації. Контроль може бути безперервним або дискретним (наприклад, присвяченим плановим профілактичним заходам). Для пошуку дефектів потрібні вбудовані та зовнішні прилади, системи для зберігання та переробки діагностичної інформації, алгоритми та програми для прийняття рішень.

По-друге, це дані про навантаження та інші умови взаємодії об'єкта з навколишнім середовищем. Діагностична інформація, в принципі, обмежена за обсягом і має непрямий характер. Існуючі засоби неруйнівного контролю не дозволяють виявити всі пошкодження та тріщини, які надалі можуть стати причиною граничних станів. Є досить велика можливість пропуску дефектів через недосконалість апаратури, недбалості оператора чи недоступного розташування дефектів. Дані про режими навантаження є цінним додатковим джерелом інформації. За відомою історією навантаження з використанням розрахункових схем можна оцінити ступінь накопичення пошкоджень у конструкції, а зіставляючи результати розрахунку з діагностичними даними, оцінити параметри об'єкта, які на попередніх стадіях ще не були ідентифіковані з достатньою точністю. Таким чином, два джерела інформації - діагностичні дані про стан об'єкта та дані про історію навантаження об'єкта - виявляються тісно пов'язаними та взаємно залежними.

Третій вид інформації для прогнозування ресурсу на стадії експлуатації - весь обсяг апіорних даних про матеріали, елементи, вузли, навантаження тощо, тобто інформація, яка лежить в основі прогнозування ресурсу та оцінки показників надійності на стадії проектування. Ця інформація, у

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

принципі, належить до генеральної сукупності об'єктів, тоді як предметом індивідуального прогнозування служить певний представник із цієї сукупності. Однак інформація про цього представника залишається неповною та неточною, а значна її частина має імовірнісний характер. Наприклад, якщо зовнішні впливи мають випадкову мінливість, то їх зміна на відрізку прогнозування треба трактувати як випадковий процес.

Якщо вдасться поєднати апріорну інформацію з оперативними даними про поведінку даного об'єкта і про діючі на нього навантаження, то заснована на цій інформації розрахункова схема буде більш повною і точною, ніж апріорні розрахункові схеми, що обговорюються на стадії проектування.

Прогнозування індивідуального ресурсу включає цілий комплекс завдань:

оцінка поточного технічного стану об'єкта,

прогнозування розвитку цього стану на найближче майбутнє та видача на основі цього прогнозу рекомендацій щодо оптимального залишкового терміну експлуатації (до списання даного об'єкта або його чергового ремонту).

Якщо доступної інформації недостатньо для винесення рішень про припинення експлуатації, необхідно призначити обґрунтований термін чергового діагностування об'єкта.

Разом з тим завдання прогнозування входить оцінка ймовірностей настання різних відмов з метою їх попередження. Ще одним завданням індивідуального прогнозування є оцінка ризику щодо небезпечних аварійних ситуацій, встановлення гранично допустимих залишкових термінів експлуатації за наявності зростаючого ризику та видача рекомендації щодо заходів щодо підвищення безпеки.

Оскільки прогнозування залишкового ресурсу належить до конкретного, індивідуального об'єкту, а прогноз неминуче містить елементи імовірнісного характеру, виникає запитання про тлумаченні ймовірнісних висновків стосовно індивідуальним об'єктам і індивідуальним ситуаціям. Сучасна

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

теорія ймовірностей та математична статистика традиційно віддають перевагу статистичній інтерпретації ймовірності як єдиному тлумаченню, що має об'єктивний зміст. Аналогічне тлумачення дають і системної теорії надійності, розвиненої насамперед стосовно масової продукції, що у статистично однорідних умовах. Щодо унікальних об'єктів доводиться використовувати менш популярне поняття індивідуальної, суб'єктивної чи байєсовської ймовірності як міри впевненості у істинності судження. Теорія статистичних рішень майже повністю ґрунтується на байєсовському тлумаченні ймовірності, причому висновки індивідуального характеру базуються на статистичній інформації, отриманій з аналізу представницьких вибірок. Щодо прогнозування індивідуальних показників надійності роль статистичної інформації грають дані про навантаження, властивості матеріалів, сполучень і деталей, причому ці дані відносяться або до масових явищ, або до ергодичних процесів. Поняття індивідуальних показників надійності зрештою є математична формалізація інтуїтивних уявлень, які використовує група експертів під час обговорення питання можливості подальшої експлуатації конкретного технічного об'єкта.

При розробці підходів із побудови математичних моделей для прогнозування виходу із ладу елементів конструкцій у реальному часі використаємо літературне джерело [9].

Згідно даного літературного джерела, на даний час ресурс машин, обладнання і в значній мірі визначається наступними величинами: поточними навантаженнями p , які викликають заданий напружено-деформований стан в межах циклічних напружень σ , межею витривалості σ_{-1} , інтенсивністю зношування I та критерію довговічності по зношуванню $N(I)$.

В цьому підході враховується як елементи трибологія, науки про тертя, позначимо їх як T (tribology), так і класичного розділу механіки – втомного руйнування, позначимо дані підходи як F (Fatigue - втома).

В результаті перейдемо до прогнозування ресурсу деталей на основі достатньо нової науки, яка має назву трибофатіка (від слова трибологія та слова фатіг - втома).

В даній роботі пропонується використовувати для прогнозування трибологічної пари колесо-рейка моделі трибофатіки, які одночасно враховують як знос, так і втомне руйнування:

$$T \equiv T(p, \sigma, \sigma_{-1}, I, N(I)), \quad (3.1)$$

де T - ресурс конструкції.

Проведемо ілюстративне порівняння традиційних підходів до довговічності деталей (зокрема, пари колесо-рейка) і підходів на основі трибофатіки (рис. 3.6).

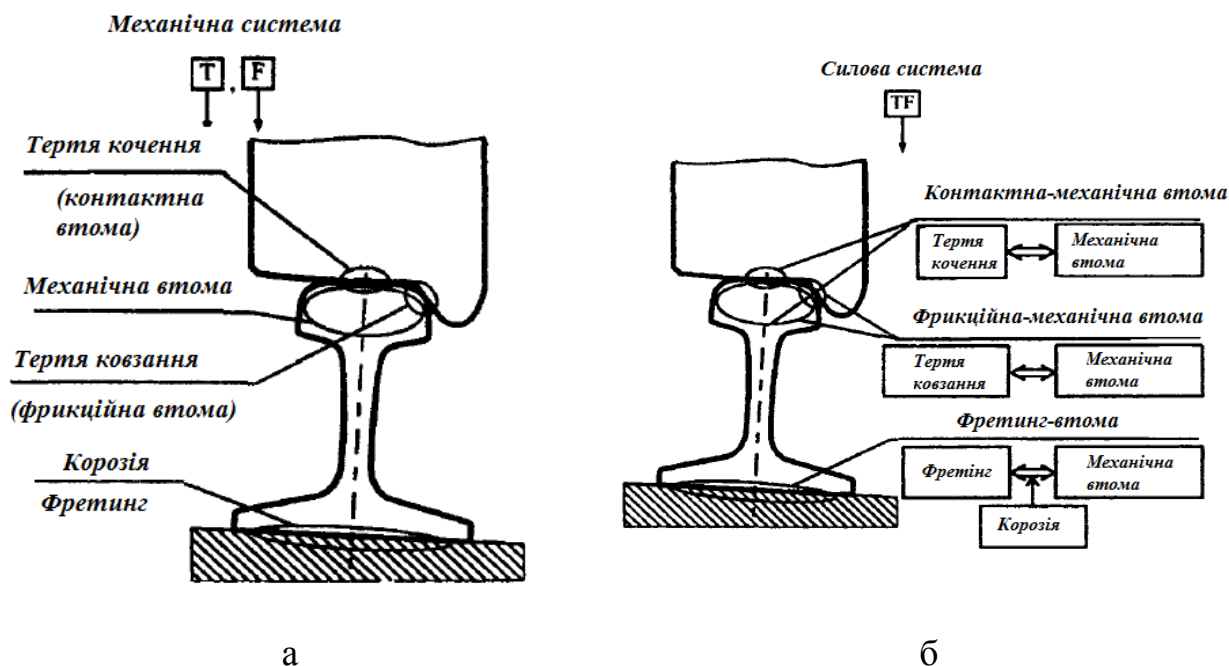


Рис. 3.6. Традиційний (а) та новий підходи до аналіз роботи системи колесо-рейка.

Для спрощення та інженерного аналізу роботи конструкцій в умовах силових навантажень та зношування вираз (3.1) подамо у наступній формі:

$$T \equiv \min(T_1(p, \sigma, \sigma_{-1}), T_2(I, N(I))), \quad (3.2)$$

де $T_1(p, \sigma, \sigma_{-1})$ - складова, яка відповідає за аналіз роботи вузла в умовах силових навантажень, $T_2(I, N(I))$ - складова, яка відповідає за аналіз роботи вузла в умовах зношування.

Співвідношення (3.2) дозволяє визначати ресурс конструкції як мінімальний одночасно за силовими критеріями та критеріями зношування.

У першій складовій виразу (3.2) ми можемо використати класичні розрахункові підходи механіки, а у другій – класичні підходи тертя та зношування.

Розглянемо більш детально процеси тертя та зношування.

Класифікації видів зношування базуються на виділенні основних факторів, що визначають той чи інший процес зношування.

Усі види зношування можна поділити на три основні групи: механічне, молекулярно-механічне, корозійно-механічне [10, 11].

Механічне зношування відбувається в результаті лише механічних взаємодій матеріалів виробу; молекулярно-механічне зношування супроводжується також впливом молекулярних чи атомарних сил; корозійно-механічне зношування відбувається при терті матеріалу, що вступив у хімічну взаємодію із середовищем. Різновиди цих процесів характеризуються специфічними явищами, що викликають руйнування мікрооб'ємів матеріалів при терті та неоднаковою інтенсивністю процесу.

Абразивне зношування - це різновид механічного зношування, при якому на поверхнях, що труться, є абразивні частинки, що руйнують поверхню за рахунок різання і дряпання з відділенням стружки. Хоча, як правило, вживаються заходи для того, щоб уникнути зносу цього виду, що має велику інтенсивність, часто є причини його виникнення. Відбувається це внаслідок недостатньої фільтрації мастила або наявності абразиву на поверхні тертя, що потрапляє з навколишньої атмосфери. Часто абразивні частинки є продуктами зношування - твердими утвореннями структурних складових зруйнованих мікрооб'ємів. Деякі деталі машин працюють

безпосередньо в абразивному середовищі (лемеша плугів, зуби ковша екскаватора та ін.)

Слід зазначити, що абразивне зношування може мати місце і без наявності сторонніх частинок, якщо тверді складові одного з сполучених тіл можуть відокремлювати мікрооб'єми контртіла в результаті ріжучого або дряпаючого впливу.

Гідро- та газоабразивне зношування цього виду, коли знос відбувається в результаті впливу потоку твердих частинок, що захоплюються потоком рідини або газу, є різновидом абразивного зношування. Цей вид зношування, а також такі, як ерозійне та кавітаційне, коли немає контакту двох твердих тіл, віднесені нами до процесів роз'їдання.

Втомне зношування є наслідком циклічного впливу на мікровиступи поверхонь, що труться. Відділення частинок може також відбуватися в результаті наклеп поверхневого шару, який стає крихким і руйнується (іноді його називають зношуванням при крихкому руйнуванні).

Слід розрізняти контактну втому поверхневих шарів, що виникає при чистому коченні і проявляється у розвитку місцевих осередків руйнування (піттинг), і суто втомний знос, коли при терті ковзання відділення мікрооб'ємів поверхонь пов'язане зі втомною природою руйнування. При руйнуванні поверхонь таких сполучення, як кулачок-ролик, зубчасті передачі, опори кочення та ін, можуть мати місце обидва види руйнування. При більшому прослизанні основну роль грає зношування, яке протікає інтенсивніше, ніж освіту подібних (піттингових) руйнувань поверхні.

Адгезійне зношування пов'язане з виникненням у локальних зонах контакту поверхонь інтенсивної молекулярної (адгезійної) взаємодії, сили якого перевершують міцність зв'язків матеріалу поверхневих шарів з основним матеріалом. Утворення адгезійних зв'язків відбувається в процесі механічної взаємодії мікровиступів тіл, що контактують, і супроводжується, як правило, значною зміною потенційної енергії поверхневих шарів. Це

полегшує прояв атомно-молекулярних сил, які залежать від природи контактуючих матеріалів.

Адгезійне зношування завжди пов'язане з фрикційним перенесенням матеріалу з одного тіла на інше або з утворенням прошарків. У деяких випадках це може вплинути на фрикційні характеристики пари, наприклад при терті металополімерної пари, коли полімер переноситься на поверхню металу, утворюючи на ній мономолекулярний шар. Однак при терті металевих пар адгезійне зношування призводить, як правило, до схоплювання контактуючих ділянок, глибинного виривання матеріалу, перенесення його з однієї поверхні тертя на іншу і впливу нерівностей, що виникли на сполучену поверхню. Цей вид зносу відноситься до неприпустимих видів ушкодження, так як має високу інтенсивність і призводить, як правило, до заїдання і відмови сполучення,

Зношування в умовах вибіркового переносу, навпаки, характеризується атомарними явищами в зоні контакту і призводить до практично беззносних пар. М'який і тонкий шар, що утворився на поверхні в результаті своєрідних механохімічних процесів, збагачений міддю, забезпечує мінімальне тертя і сприяє рівномірному розподілу тисків по поверхні тертя.

Окисне зношування відбувається за наявності на поверхні тертя захисних плівок, що утворилися в результаті взаємодії матеріалу з киснем. Слід мати на увазі, що наявність окисних плівок не виключає можливості їх руйнування втоми, а лише вносить свою специфіку, так як руйнується більш крихкий матеріал. Особливість окисного зносу при терті кочення полягає в тому, що наявність великих деформацій у поверхневих шарах полегшує дифузію кисню та його взаємодію з металом, Пластично деформований і насичений киснем шар під впливом циклічних навантажень крихко руйнується, потім цей процес охоплює.

Зношування при фреттинг-корозії відбувається при відносних коливальних переміщеннях металевих поверхонь, що контактують, в результаті вібрацій або періодичних деформацій елементів конструкції. На

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ділянках, пошкоджених фреттинг-корозією, протікають процеси захоплення, абразивне руйнування, втомно-корозійні явища. Цей процес є багатостадійним, який за сучасними уявленнями складається з наступних етапів.

Спочатку відбуваються зміцнення поверхонь контакту та циклічна плинність підповерхневих шарів. При цьому відбуваються пластична деформація мікровиступів, захоплення ювенальних ділянок металу, виникнення та руйнування окисних плівок.

Друга стадія фреттинг-корозії (інкубаційна) характеризується розвитком корозійно-втомних процесів та формуванням корозійно-активного середовища внаслідок адсорбції на оксидах вологи та кисню. Швидкість зношування цієї стадії зазвичай невелика. Знос пов'язаний з утворенням і видаленням зони контакту окисних плівок, що руйнуються.

Третя стадія фреттинг-корозії, яка характеризується високою інтенсивністю процесу, пов'язана з руйнуванням поверхневих шарів, попередньо розпушених втомними та корозійними процесами. У зоні контакту може утворитися підвищена кількість продуктів зношування, що сприяє інтенсифікації процесів руйнування аж до абразивного зношування. Ця стадія фреттинг-корозії є неприпустимою під час експлуатації машин.

Розглядаючи різні процеси зношування, можна отримати висновок, що інтенсивність їх протікання залежить від швидкості процесу руйнування мікрооб'єму матеріалу при кожному елементарному акті взаємодії плям контакту.

За швидкістю процесів руйнування фрикційних зв'язків всі види зношування можна поділити на три групи:

- Швидкоплинні процеси руйнування мікрооб'ємів, коли за перших актах взаємодії відбувається відділення продуктів зношування. Ці явища призводять до великої інтенсивності процесу, і знос як результат цих процесів відноситься, як правило, до неприпустимих видів ушкодження. Виняток може становити такий випадок абразивного зношування, коли за

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок малої концентрації абразивних частинок на поверхні тертя сумарна інтенсивність зношування поверхні тертя невелика.

- Процеси середньої плинності відділення елементарних мікрооб'ємів матеріалів характерні при стадійних (циклічних) процесах руйнування. До них відносяться процеси, інтенсивність яких може змінюватися в досить широких межах, і тому вони можуть належати як до допустимих, так і неприпустимих видів ушкодження.

- Повільні процеси руйнування мікрооб'ємів відбуваються, коли для відділення частки зносу потрібно досить велике число циклів (втомне і окислювальне зношування) або при стабілізації процесу взаємодії, коли взагалі не буде наступного відділення частинок зносу (виборче перенесення).

Якщо при взаємодії поверхонь мають місце умови для виникнення зношування різних видів, то протікає той, який має більшу швидкість (плинність).

Багатостадійні процеси можуть бути в тому випадку, якщо процес зношування, що характеризується малою швидкістю, готує умови для виникнення швидкоплинного процесу, наприклад перехід окисного зносу у фреттинг-корозію.

Для управління процесом зношування та розрахунку на знос сполучення необхідно знати закономірності його протікання для допустимих видів та умови, що не допускають виникнення небажаних видів зношування.

Як було написано вище, зовнішнім проявом зношування є пошкодження всієї деталі або її поверхні. Щоб оцінити довговічність деталі, необхідно чисельно визначити ступінь її ушкодження.

Проста констатація наявності того чи іншого ушкодження не дозволить простежити перебіг даного процесу зносу та дати прогноз часу настання відмови.

Чисельна оцінка величини пошкодження матеріалу деталі є складним завданням:

- спостерігається велика різноманітність видів ушкодження;

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- пошкодження може відноситися до обсягу матеріалу або його поверхневих шарів;

- пошкодження може поширюватися на весь обсяг матеріалу або на всю поверхню деталі, а також мати локальний характер (повне та локальне пошкодження);

- величина, що оцінює ступінь ушкодження, повинна бути пов'язана із зміною вихідних параметрів виробу.

Існують два основні методи оцінки ступеня ушкодження.

При першому методі вибираються чисельні критерії для безпосереднього вимірювання величини пошкодження машини, наприклад величина деформації деталі, її лінійне або вагове зношування, глибина і розміри каверн при локальному руйнуванні поверхні тощо. Однак у багатьох випадках, особливо при локальних видах пошкодження, буває важко безпосередньо оцінити ступінь ушкодження.

У цьому випадку застосовують другий метод, коли про пошкодження судять щодо зміни вихідного параметра машини. Наприклад, при місцевих ушкодженнях тіла деталі або при виникненні пластичних зон про ступінь ушкодження судять за втратою несучої здатності (міцності) силового елемента машини; про локальні пошкодження золотника гідросистеми судять щодо падіння тиску тощо.

Такий метод оцінки хоча і знаходить широке застосування і часто має безперечні переваги, в загальному випадку не бажаний, так як між ступенем пошкодження і даним вихідним параметром машини є своя функціональна або стохастична залежність, яка спотворює інформацію про хід процесу зношування.

Крім того, пошкодження може вплинути на ряд вихідних параметрів, що по-різному змінюються в часі, і, навпаки, цей параметр може змінюватися (і це є найбільш типовим випадком) внаслідок різних пошкоджень елементів машини. Більш бажано чисельно оцінити величину ушкодження і потім пов'язати її з вихідними параметрами. Якщо оцінено ступінь пошкодження

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі U , то зміни, що відбуваються в матеріалі при його зношуванні, визначають швидкість процесу ушкодження

$$\gamma = \frac{dU}{dt}. \quad (3.3)$$

Найбільші труднощі зазвичай виникають в оцінці ступеня ушкодження поверхонь.

Повне пошкодження зачіпає всю поверхню або одну її ділянку, але в загальному випадку внаслідок різноманітних причин воно нерівномірно вражає поверхню по глибині.

Якщо це зношування поверхні, то з різних ділянок видаляється неоднакова кількість матеріалу, при суцільної корозії руйнування основного матеріалу може бути різним по глибині, а при наростах характерно нерівномірне налипання матеріалу по вихідній поверхні. Тому оцінка ступеня пошкодження поверхні може бути здійснена двома групами методів - інтегральними, коли показник оцінює сумарний ефект пошкодження, і диференціальними, коли оцінює ступінь пошкодження в кожній точці або області цієї поверхні.

Для оцінки ступеня пошкодження U користуються геометричними, ваговими та фізичними показниками:

Інтегральні методи

До інтегральних методів можуть бути віднесені показники, що оцінюють втрату маси або обсягу поверхні внаслідок її пошкодження, наприклад:

- зношування деталі по масі (зазвичай зразка) (мг) - втрата маси з усієї поверхні в результаті зносу;
- об'ємний показник корозії (мм³) - обсяг пошкодженого або віддаленого матеріалу і т.п.

До цієї групи показників слід віднести середні значення лінійного зносу поверхні $U_{сер}$ чи середній глибинний показник корозії. Аналогічні показники можуть застосовуватися і при явищах наросту, де вони оцінюють кількість не віддаленого, а матеріалу, що додався.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

Однак інтегральні методи оцінки величини пошкодження поверхні деталі часто недостатні для судження по втраті машиною працездатності, тому що основну роль зазвичай грає ступінь нерівномірності, пошкодження. Так, для оцінки здатності даного резервуара не давати течі, важливою є не середня величина корозії, а її максимальна глибина в будь-якій точці поверхні. Для оцінки втрати точності металорізальним верстатом важливо знати не середнє зношування його напрямних, а форму їх зношеної поверхні і т. п. Тому більш результативні диференціальні методи оцінки ступеня пошкодження поверхні.

Диференціальні методи оцінки

До диференціальних методів оцінки ступеня пошкодження поверхні відносяться:

- лінійне зношування (мкм) — зміна розміру деталі при її зношуванні в напрямку, перпендикулярному до поверхні тертя;
- глибинний показник корозії, що оцінює зменшення товщини металу у кожній точці (зоні) поверхні.

При незначному ступені пошкодження поверхні, коли вона можна порівняти з шорсткістю, про величину пошкодження (наприклад, про зношування) можна судити зі зміни мікрогеометрії поверхні.

У ряді випадків пошкодження поверхні пов'язане зі зміною не тільки її геометрії, але й фізичних властивостей — твердості, внутрішніх напружень, структурних змін та ін.

Ці показники будуть особливо результативними, якщо вони безпосередньо пов'язані з вихідними параметрами машини, наприклад, з її міцністю (несучою здатністю), відбивною здатністю, газопроникністю, жорсткістю, коефіцієнтом тертя і т.п.

Для розрахунку та прогнозування надійності машин при їх зношуванні, для вибору раціональних матеріалів, розмірів та конструкції сполучення за заданих умов їх роботи необхідно знати основні закономірності процесу зношування матеріалів.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

Тільки чисельна оцінка ступеня пошкодження матеріалу деталі під час зношування дозволяє вирішувати зазначені вище завдання.

Розглянемо показники зношування.

Показниками зносу у трибології є:

- *лінійне знос* U (мкм) - зміна розміру поверхні при її зношуванні, виміряна в напрямку, перпендикулярному до поверхні тертя;

- *швидкість зношування* $\gamma = \frac{dU}{dt}$ (мкм/год) - відношення величини зносу до часу, протягом якого він виник;

- *інтенсивність зношування* $j = \frac{dU}{ds}$ - відношення величини зносу до відносного шляху тертя s , на якому відбувалося зношування; ця величина буде безрозмірною, якщо лінійне зношування і шлях тертя вимірюються в одних одиницях.

Оцінка швидкості зношування для різних сполучень і поєднань матеріалів і накопичення даних для типових умов експлуатації є передумовою для розрахунку та прогнозування надійності машин з урахуванням їхнього зносу.

Закон зношування матеріалів повинен у загальному вигляді виражати в аналітичній формі залежність U або γ від наступних факторів:

- від силових та кінематичних параметрів і в першу чергу від тиску на поверхні тертя p та швидкості відносного ковзання v ;

- від параметрів, що характеризують склад, структуру та механічні властивості матеріалів пари (наприклад, його твердість H , межа текучості, модуль пружності E та інші);

- від властивостей поверхневого шару - його шорсткості, жорсткості, напруженого стану і т. д.;

- від виду тертя та мастила;

- від зовнішніх умов, що впливають на процес зношування, температури, накладання вібрацій, наявності вакууму та ін.

Крім того, всі закономірності повинні описувати зміни зносу в часі t .

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

Зі сказаного видно, що отримання таких залежностей є надзвичайно складним завданням, яке в даний час знаходиться в стадії становлення. Особливо складно знайти залежності, спираючись на фізичну сутність процесу функції його фізико-хімічних параметрів.

Тому часто використовують залежності, засновані на емпіричних даних для певного виду зношування за встановлених умов його протікання та обраного поєднання матеріалів. Хоча завжди бажано отримувати більш загальні закономірності, а й залежності, що охоплюють лише певний діапазон умов зношування і виражені в аналітичній формі, дозволяють вирішити багато питань розрахунку та прогнозування ресурсу машин.

Тиск на поверхні тертя p і швидкість відносного ковзання v є основними параметрами, пов'язаними з конструкцією та кінематикою сполучень.

При встановленні аналітичних залежностей слід мати на увазі, що, по-перше, вони повинні належати лише до допустимих видів зношування і, по-друге, характеризувати процес із певною фізичною закономірністю явищ.

Аналіз великої кількості досліджень зносу різних матеріалів в умовах граничного тертя та тертя без мастила показує, що у загальному випадку швидкість зношування може бути виражена залежністю

$$\gamma = kp^m v^n, \quad (3.4)$$

де $m=0.5...3$ і для більшості пар тертя $n=1$; k - коефіцієнт зносу, що характеризує матеріал пари та умови зношування.

Для абразивного та ряду інших видів зношування $m=n=1$,

$$\gamma = kp v, \quad (3.5)$$

або

$$U = \gamma t = kp v t = k p s, \quad (3.6)$$

де $s = vt$ - шлях тертя.

Якщо всі лінійні величини виражати в однакових одиницях, то розмірність коефіцієнта зношування k буде обернена розмірності тиску.

З формули (4.3) видно, що за $n=1$ знос залежить від швидкості відносного ковзання, лише від шляху тертя.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На значення коефіцієнта k впливають характеристики матеріалів пари, умови в зоні контакту і в першу чергу мастило поверхонь.

Математичний опис інтенсивності та швидкості зношування.

Метою математичного опису зношування є встановлення залежності швидкості або інтенсивності зношування від режиму роботи сполучення, характеристик міцності матеріалу і характеру взаємодії поверхонь.

Повного математичного опису зношування як складного явища, що включає всю сукупність процесів, нині немає. Це, ймовірно, пояснюється тим, що процеси, що супроводжують явище зношування, різні за своєю природою і не можуть бути описані на основі будь-якого фізичного закону. Тому виникає необхідність дослідити зношування із залученням різних фізичних законів.

Існуючі методи математичного опису зношування деталей і пар машин можна умовно розділити на дві групи: перша — заснована на фізичних закономірностях зношування, що враховують вплив різних факторів на знос; друга (феноменологічна) — ґрунтується на аналізі кількісних змін зносу без урахування фізичних процесів.

Методи другої групи ґрунтуються на макropідході до аналізу системи. При цьому фізична сутність явищ не розглядається (своєрідна «чорна скринька»). Залежність встановлюють виходячи з статистичних даних про зміну зносу у часі. Ці методи простіше, але можуть призвести до неправильних результатів внаслідок неврахованого впливу зовнішніх факторів чи режимів роботи машини.

У другому випадку математичний опис явища зношування проводять за результатами обробки даних, отриманих в експлуатації, та будують статистичну модель зношування. Статистичні моделі зношування є спрощеними залежностями, максимально наближеними до дійсності та призначеними для інженерних розрахунків. Як правило, статистична модель відображає закономірність зношування строго певного сполучення у

встановлених умовах експлуатації і не може бути використана як узагальнений математичний опис.

Основним недоліком статистичних моделей і те, що вони дозволяють розкрити механізм процесу, а описують лише його зовнішній прояв. Вплив визначальних чинників на зношування відбивається в неявному середньостатистичному вигляді.

Для отримання математичного опису явища зношування з урахуванням фізики його розвитку необхідно проведення великого обсягу складних експериментальних досліджень впливу визначальних факторів на зношування та характер перебігу процесу.

3.3. Висновки.

1. Проведено аналіз сучасних технологій контролю технічного рухомого складу, які використовуються як у ЄС, так і інших країнах.

2. Запропоновано проводити прогнозування виходу із ладу елементів конструкцій на основі сумісного використання даних діагностики у реальному часі та математичного моделювання.

3. Показано, що питання побудови математичних моделей трибологічних систем є відкритою проблемою, яка на даний момент ще не розв'язана.

РОЗДІЛ 4.

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ІЗ РЕМОНТУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗГІДНО ІЗ ВИМОГАМИ ЄС

4.1. Порівняльний аналіз технічного обслуговування та ремонту колісних пар згідно вимог ЄС та УЗ.

Розглянемо вимоги європейського нормативного документа [6] до колісних пар рухомого складу.

Загальні вимоги до міцності елементів конструкцій прописані у пункті 4.2.2.4 даного нормативного документа.

Розглянемо його: « Міцність конструкції транспортного засобу

(1) Цей розділ застосовується до всіх одиниць, крім ОТМ (on track machines (OTMs) - транспортні засоби, спеціально призначені для будівництва та обслуговування колії та інфраструктури.).

(2) Для ОТМ вимоги, альтернативні викладеним у цьому розділі щодо статичного навантаження, категорії та прискорення, викладені в Додатку С, пункт С.1.

(3) Статична та динамічна міцність (втома) кузовів транспортних засобів має значення для забезпечення безпеки, необхідної для пасажирів, і структурної цілісності транспортних засобів у поїзді та під час маневрових операцій. Таким чином, конструкція кожного транспортного засобу повинна відповідати вимогам специфікації, на яку посилається Додаток J-1, індекс 7. Категорії рухомого складу, які слід брати до уваги, повинні відповідати категорії L для локомотивів і головних силових агрегатів і категоріям PI або PII для всіх інших типів транспортних засобів у межах сфери застосування цієї TSI, як визначено в специфікації, на яку посилається в Додатку J-1, індекс 7, пункт 5.2.

(4) Підтвердження міцності кузова транспортного засобу може бути продемонстровано розрахунками та/або випробуваннями відповідно до умов,

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

встановлених у специфікації, на яку посилається в Додатку J-1, індекс 7, пункт 9.2.

(5) У випадку блоку, розробленого для більшої сили стиску, ніж у категоріях (щонайменше вимагаються вище) у специфікації, згаданій у Додатку J-1, індекс 7, ця специфікація не охоплює запропоноване технічне рішення; тоді допускається використовувати для сили стиску інші загальнодоступні нормативні документи. У цьому випадку уповноважений орган повинен перевірити, що альтернативні нормативні документи є частиною технічно узгодженого набору правил, які застосовуються до проектування, конструкції та випробування конструкції транспортного засобу. Значення сили стиску повинно бути зафіксоване в технічній документації, визначеній у пункті 4.2.12.

(6) Умови навантаження, що розглядаються, повинні відповідати умовам, визначеним у пункті 4.2.2.10 цієї TSI.

(7) Припущення щодо аеродинамічного навантаження повинні бути такими, як описано в пункті 4.2.6.2.2 цієї TSI (проїзд 2 поїздів).

(8) Методи з'єднання охоплюються вищезазначеними вимогами. Повинна існувати процедура перевірки, яка гарантує, що на етапі виробництва контролюються дефекти, які можуть погіршити механічні характеристики конструкції.».

Умови навантаження прописані у п. 4.2.2.10 даної TSI.

Розглянемо перший параграф даного пункту:

«4.2.2.10. Умови навантаження та зважена маса

(1) Необхідно визначити наступні умови навантаження, визначені в специфікації, на яку посилається Додаток J-1, індекс 13, пункт 2.1:

- Розрахункова маса при надзвичайному корисному навантаженні
- Розрахункова маса при нормальному корисному навантаженні
- Розрахункова маса в робочому стані».

Як видно при аналізі міцнісних параметрів конструкцій необхідно проводити розрахункові обчислення для трьох видів навантаження.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до механічних та геометричних параметрів колісних пар прописані у пунктах 4.2.3.5.2, 4.2.3.5.2.1 та 4.2.3.5.2.2 даного нормативного документа:

«4.2.3.5.2. Колісні пари

(1) Для цілей цієї TSI колісні пари визначаються як такі, що включають основні частини, що забезпечують механічний зв'язок із колією (колеса та сполучні елементи: наприклад, поперечна вісь, вісь незалежного колеса) та допоміжні частини (підшипники осі, коробки осей, коробки передач і гальмівні диски).

(2) Колісна пара повинна бути розроблена та виготовлена відповідно до послідовної методології з використанням набору варіантів навантаження, які відповідають умовам навантаження, визначеним у пункті 4.2.2.10 цієї TSI.

4.2.3.5.2.1. Механічні та геометричні характеристики колісних пар. Механічна поведінка колісних пар

(1) Механічні характеристики колісних пар повинні забезпечувати безпечний рух рухомого складу.

Механічні характеристики охоплюють: — збірку — механічний опір та характеристики втоми. Процедура оцінки відповідності описана в пункті 6.2.3.7 цієї TSI.

Механічна поведінка осей

(2) Характеристики осі повинні забезпечувати передачу сил і крутного моменту. Процедура оцінки відповідності описана в пункті 6.2.3.7 цієї TSI.

Корпус агрегатів, оснащених колесами, що обертаються незалежно

(3) Характеристики кінця осі (стику між колесом і ходовою частиною) повинні забезпечувати передачу зусиль і крутного моменту. Процедура оцінки відповідності має відповідати підпункту (7) пункту 6.2.3.7 цієї TSI.

Механічна поведінка букс

(4) Букса повинна бути розроблена з урахуванням механічної стійкості та характеристик втоми. Процедура оцінки відповідності описана в пункті 6.2.3.7 цієї TSI.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

(5) Температурні межі повинні бути визначені шляхом випробування та записані в технічній документації, описаній у пункті 4.2.12 цієї TSI. Моніторинг стану підшипників осі визначено в пункті 4.2.3.3.2 цієї TSI.

Геометричні розміри колісних пар

(6) Геометричні розміри колісних пар (як визначено на рис. 4.1) (*тут і далі нумерація формул та таблиць буде відповідати нумерації рисунків і таблиць в тексті дипломної роботи*) повинні відповідати граничним значенням, зазначеним у таблиці 1 для відповідної ширини колії. Ці граничні значення повинні бути прийняті як проектні значення (нова колісна пара) і як експлуатаційні граничні значення (для використання з метою технічного обслуговування; див. також пункт 4.5 цієї TSI).

Таблиця 4.1

Експлуатаційні межі геометричних розмірів колісних пар

Позначення		Діаметр колеса D (мм)	Мінімальне значення (мм)	Максимальне значення (мм)
1435 мм	Розмір-до-розміру ззовні (S_R): $S_R = A_R + S_{d, left} + S_{d, right}$	$330 \leq D \leq 760$	1415	1426
		$760 < D \leq 840$	1412	
		$D > 840$	1410	
	Розмір-до-розміру всередині (A_R):	$330 \leq D \leq 760$	1359	1363
		$760 < D \leq 840$	1358	
		$D > 840$	1357	
1524 мм	Розмір-до-розміру ззовні (S_R): $S_R = A_R + S_{d, left} + S_{d, right}$	$330 \leq D < 725$	1506	1509
		$D \geq 725$	1487	1514
	Розмір-до-розміру всередині (A_R):	$400 \leq D < 725$	1444	1446
		$D \geq 725$	1442	1448
1520 мм	Розмір-до-розміру ззовні (S_R): $S_R = A_R + S_{d, left} + S_{d, right}$	$400 \leq D \leq 1220$	1487	1509
	Розмір-до-розміру всередині (A_R):	$400 \leq D \leq 1220$	1487	1509
1600 мм	Розмір-до-розміру ззовні (S_R): $S_R = A_R + S_{d, left} + S_{d, right}$	$690 \leq D \leq 1016$	1573	1592

	Розмір-до-розміру всередині (A_R):	$400 \leq D \leq 1220$	1521	1526
1668 мм	Розмір-до-розміру ззовні (S_R): $S_R = A_R + S_{d, \text{left}} + S_{d, \text{right}}$	$330 \leq D < 840$	1648	1659
		$840 \leq D \leq 1250$	1643	1659
	Розмір-до-розміру всередині (A_R):	$330 \leq D < 840$	1592	1596
		$840 \leq D \leq 1250$	1590	1596

Розмір A_R вимірюється на висоті верхньої частини рейки. Розміри A_R і S_R мають бути дотримані в умовах навантаження та тарування. Менші допуски в межах наведених вище меж можуть бути вказані виробником у документації з технічного обслуговування для експлуатаційних значень. Розміри S_R вимірюються на 10 мм над опірною точкою протектора (як показано на рис. 2).

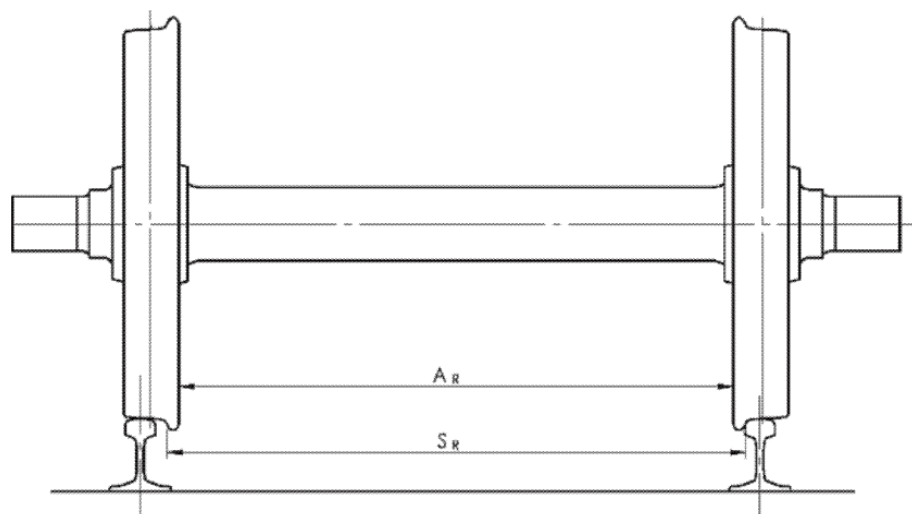


Рис. 4.1. Умовні позначення колісних пар

4.2.3.5.2.2 Механічні та геометричні характеристики коліс

Механічна поведінка коліс

(1) Характеристики коліс повинні забезпечувати безпечний рух рухомого складу та сприяти керуванню рухомого складу. Процедура оцінки відповідності описана в пункті 6.1.3.1 цієї TSI. Геометричні розміри коліс

(2) Геометричні розміри коліс (як визначено на рис. 2) повинні відповідати граничним значенням, зазначеним у табл. 4.2. Ці граничні значення повинні бути прийняті як проектні значення (нове колесо) і як межі експлуатації значення (для використання з метою обслуговування; див. також пункт 4.5).

Таблиця 4.2

Експлуатаційні границі геометричних розмірів коліс

Позначення	Діаметр колеса D (мм)	Мінімальне значення (мм)	Максимальне значення (мм)
Ширина обода (B_R + Задир)	$D \geq 330$	133	145
Товщина гребеня (S_d)	$D > 840$	22	33
	$760 < D \leq 840$	25	
	$330 \leq D \leq 760$	27,5	
Висота гребеня (Sh)	$D > 760$	27,5	36
	$630 < D \leq 760$	29,5	
	$330 \leq D \leq 630$	31,5	
Товщина контактної поверхні кочення гребеня (q_R)	≥ 330	6,5	

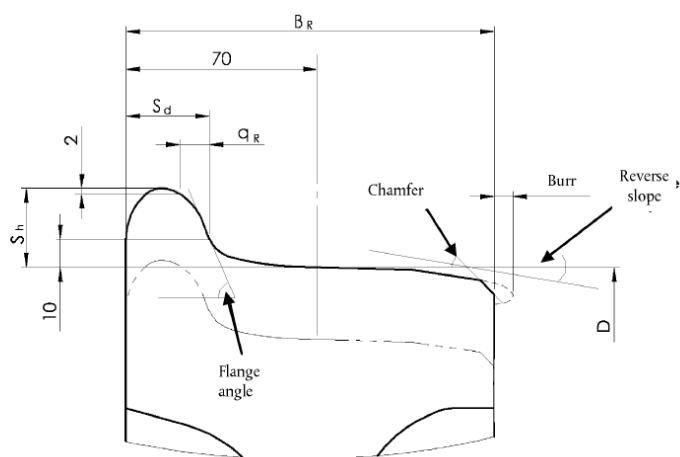


Рис. 4.2. Позначення для колісної пари

(3) Агрегати, оснащені колесами, що обертаються незалежно, повинні, на додаток до вимог цього розділу щодо коліс, відповідати вимогам цієї TSI щодо геометричних характеристик колісних пар, визначених у пункті 4.2.3.5.2.1. ».

«Специфікація сумісності» описана для колісних пар у пункті 5.3.4.

Розглянемо його: «

5.3.4. Колеса

Колесо має бути розроблено та оцінено для сфери використання, визначеної:

(1) Геометричними характеристиками: номінальний діаметр поверхні кочення.

(2) Механічні характеристики: максимальна вертикальна статична сила та максимальна швидкість.

(3) Термомеханічні характеристики: максимальна енергія гальмування.

(4) Колесо повинно відповідати вимогам щодо геометричних, механічних і термомеханічних характеристик, визначених у пункті 4.2.3.5.2.2; ці вимоги повинні бути оцінені на рівні ІС.».

Вимоги до підсистем рухомого складу прописані у пункті 6.2, зокрема, до механічних та геометричних параметрів колісних пар у пункті 6.2.3.7.

Розглянемо даний пункт:

«6.2.3.7. Механічні та геометричні характеристики колісних пар (пункт 4.2.3.5.2.1)

Колісна пара:

(1) Демонстрація відповідності вузла має ґрунтуватися на специфікації, згаданій у Додатку J-1, індекс 87, яка визначає граничні значення для осьової сили , а також відповідні перевірочні тести.

Осі:

(2) Демонстрація відповідності щодо механічної стійкості та характеристик втоми осі має відповідати специфікаціям, зазначеним у Додатку J-1, індекс 88, пункти 4, 5 та 6 для осей без приводу, або специфікації посилання в Додатку J-1, індекс 89, пункти 4, 5 і 6 для приводних осей. Критерії прийняття рішення щодо допустимого напруження визначено в специфікації, на яку посилається Додаток J-1, індекс 88, пункт 7

для осей без приводу, або специфікації, на яку посилається в Додатку J-1, індекс 89, пункт 7 для приводних осей.

(3) Припущення щодо умов навантаження для розрахунків повинно бути чітко зазначено в технічній документації, як зазначено в пункті 4.2.12 цієї TSI.

Перевірка осей:

(4) Повинна існувати процедура перевірки, щоб на етапі виробництва переконатися, що жодні дефекти не можуть негативно вплинути на безпеку через будь-які зміни в механічних характеристиках осей.

(5) Необхідно перевірити міцність на розрив матеріалу в осі, стійкість до удару, цілісність поверхні, характеристики матеріалу та чистоту матеріалу. Процедура перевірки повинна визначати вибірку партії, що використовується для кожної характеристики, що підлягає перевірці.

Букси/підшипники:

(6) Демонстрація відповідності щодо характеристик механічного опору та втоми підшипника кочення має відповідати специфікаціям, зазначеним у Додатку J-1, індекс 90.

(7) Інший метод оцінки відповідності, застосовний до колісних пар, осі та колеса, якщо стандарти EN не охоплюють запропоноване технічне рішення: Дозволяється використовувати інші стандарти, якщо стандарти EN не охоплюють запропоноване технічне рішення; у цьому випадку нотифікований орган повинен перевірити, що альтернативні стандарти є частиною технічно узгодженого набору стандартів, застосовних до проектування, конструкції та випробування колісних пар, які містять особливі вимоги до колісних пар, коліс, осей і підшипників осей, що охоплюють: — вузол колісних пар, — механічний опір, — характеристики втоми, — межі допустимих напружень, — термомеханічні характеристики. Лише стандарти, які є загальнодоступними, можуть бути використані в демонстрації, яка вимагається вище.»

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Як видно із наведених вище нормативних документів у самому TSI вказані тільки загальні вимоги до профілю колісних пар (а саме допустимі діаметри), для встановлення інших параметрів є посилання на нормативні документи у Додатку J-1.

Розглянемо їх детально, а саме пункти 7, 13, 71, 87, 88, 89 даного додатку.

Розглянемо їх у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Зв'язок між пунктами TSI та європейськими стандартами

№	TSI		Нормативний документ ЄС
	Оціночний параметр	Пункт TSI	
7	Міцність конструкції транспортного засобу — метод перевірки загальної категорійності рухомого складу	4.2.2.4	EN 12663-1:2010
13	Умови навантаження та зважена маса — умови навантаження гіпотеза умов навантаження	4.2.2.10	EN 15663:2009
71	Колеса — критерії визначення методу подальшої термомеханічної поведінки	6.1.3.1	EN 13979-1:2003
87	Колісна пара — в зборі	6.2.3.7	EN 13260:2009
88	Колісна пара — осі, метод перевірки критеріїв прийняття рішень	6.2.3.7	EN 13103:2009
89	Колісна пара — осі, метод перевірки критеріїв прийняття рішень	6.2.3.7	EN 13104:2009

Розглянемо дані нормативні документи: у EN 12663-1:2010 [15] прописані вимоги до міцності та довговічності елементів конструкцій рухомого складу (у тому числі колісних пар), у EN 15663:2009 [14] – визначення «еталонних мас транспортних засобів», безпосередні вимоги до колісних пар прописані у стандартах EN 13979-1:2003 [16], EN 13260:2009 [17], EN 13261:2009 [18], EN 13103:2009 [19], EN 13104:2009 [20].

Цікавим є вимоги до колісних пар у стандарті EN 13979-1:2003 [21]. Так у цьому стандарті у пункті 3 «Параметри для визначення охопленої програми» є наступні підпункти: 3.1 «Параметри геометричної взаємозамінності», 3.2 «Параметри для термомеханічної оцінки», 3.3 «Параметри для механічної оцінки», 3.4 «Параметри для акустичної оцінки». Так у підпункті 3.1.3 «3.1.3 Вимоги до технічного обслуговування» є такий параметр як «граничний діаметр зносу або діаметр останнього перепрофілювання».

У інших стандартах, що наведені вище, є тільки вимоги до геометричних параметрах колісних пар.

Розглянемо тепер вимоги до колісних пар рухомого складу в Україні.

Під час експлуатації колісних пар в системі УЗ до них ставляться вимоги, які описані в Інструкції з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар ЦВ-ЦЛ-0062 [12] та Інструкції з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм [13].

Основні вимоги щодо ремонту та технічного обслуговування колісних пар вагонів прописані у пунктах 4, 5, 6, 7, 17 нормативного документу [12].

Розглянемо їх. Так у пункті 4 прописані види, строки, порядок огляду та обстеження колісних пар; у пункті 5 прописані вимоги, що пред'являються до колісних пар в експлуатації; у пункті 6 прописані вимоги, що пред'являються до колісних пар при випуску вагонів із ремонту; у пункті 7 - вимоги, що пред'являються до колісних пар та їхніх елементів при ремонті; у пункті 17 прописана перевірка та приймання колісних пар.

Аналіз цих пунктів дозволяє стверджувати, що контролюється відповідність геометричних параметрів колісних пар та наявність (відсутність) дефектів у них методами неруйнівного контролю.

Основні вимоги щодо ремонту та технічного обслуговування колісних пар тягового рухомого складу прописані у пунктах 4, 5, 6, 7 нормативного документу [13].

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо їх. Так у пункті 4 прописані види, терміни та порядок опосвідчення колісних пар; у пункті 5 прописані несправності колісних пар і способи їх усунення; у пункті 6 - ремонт і формування колісних пар; у пункті 7 - перевірка, приймання та вилучення з інвентаря колісних пар.

Аналіз цих пунктів також дозволяє стверджувати, що контролюється відповідність геометричних параметрів колісних пар та наявність (відсутність) дефектів у них методами неруйнівного контролю.

Разом із тим питання передбачувального аналізу строку служби для колісних пар, особливо із врахуванням їх поточного стану, в нормативних документах УЗ не передбачено, так само як і в нормативних документах ЄС.

4.2. Використання передбачувального аналізу для обслуговування колісних пар на 1520 згідно вимог ЄС.

На теперішній час є достатньо багато сучасних систем контролю технічного стану колісних пар рухомого складу, які використовуються у світі. Опис таких систем поданий у пункті 3.1 даної роботи.

Перевагою вище наведених систем є те, що вони можуть контролювати поточний стан відповідальних елементів конструкцій у режимі реального часу і зразу давати оператору цю інформацію.

Разом із тим суттєвим недоліком таких систем є те, що вони не передбачають час до настання граничного стану елементів рухомого складу, коли деталь чи виріб потребує ремонту або заміни.

Тому у даному розділі ми пропонуємо дещо модернізувати цю систему, щоб оператор, що відповідає за експлуатацію рухомого складу, міг знати час наступного технічного обслуговування та/або ремонту.

В роботі ми будемо орієнтуватись на результати розділу 3 (3.1, 3.2) та підрозділу 4.1 цієї роботи.

Так у підрозділі 3.1 (рис. 3.2) запропонована конфігурація системи Thales, яку автор вважає достатньо вдалою, а у розділі 3.2 запропоновано використовувати для прогнозування виходу із ладу елементів конструкцій математичні моделі достатньо нової науки - трибофатіки.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Відмітимо, що однієї із особливостей даної науки є те, що вихід з ладу вузлів тертя розглядається як складний процес, що залежить як від втомного руйнування, так і зношування, що не суперечить нормативним документам ні ЄС, ні УЗ, оскільки розглядає процес тертя як більш узагальнений на відміну від «класичної трибології».

В цьому зв'язку базуючись на нормативних документах України [12] та [13], стандартах ЄС - EN 12663-1:2010, у EN 15663:2009, EN 13979-1:2003, EN 13260:2009, EN 13261:2009, EN 13103:2009, EN 13104:2009 ми пропонуємо визначати ресурс колісних пар на основі виразів (3.1) або (3.2) із використанням інженерного наближення складової $T_2(I, N(I))$ у виді співвідношення типу (3.4) (рис. 4.1).

При використанні співвідношення (3.4) задати константи m та k не складе великих проблем, оскільки при вимірюванні поточного стану профілю заданого колеса при відомому його пробігу у реальному часі ці константи достатньо легко визначити, зокрема методом нейронних мереж.

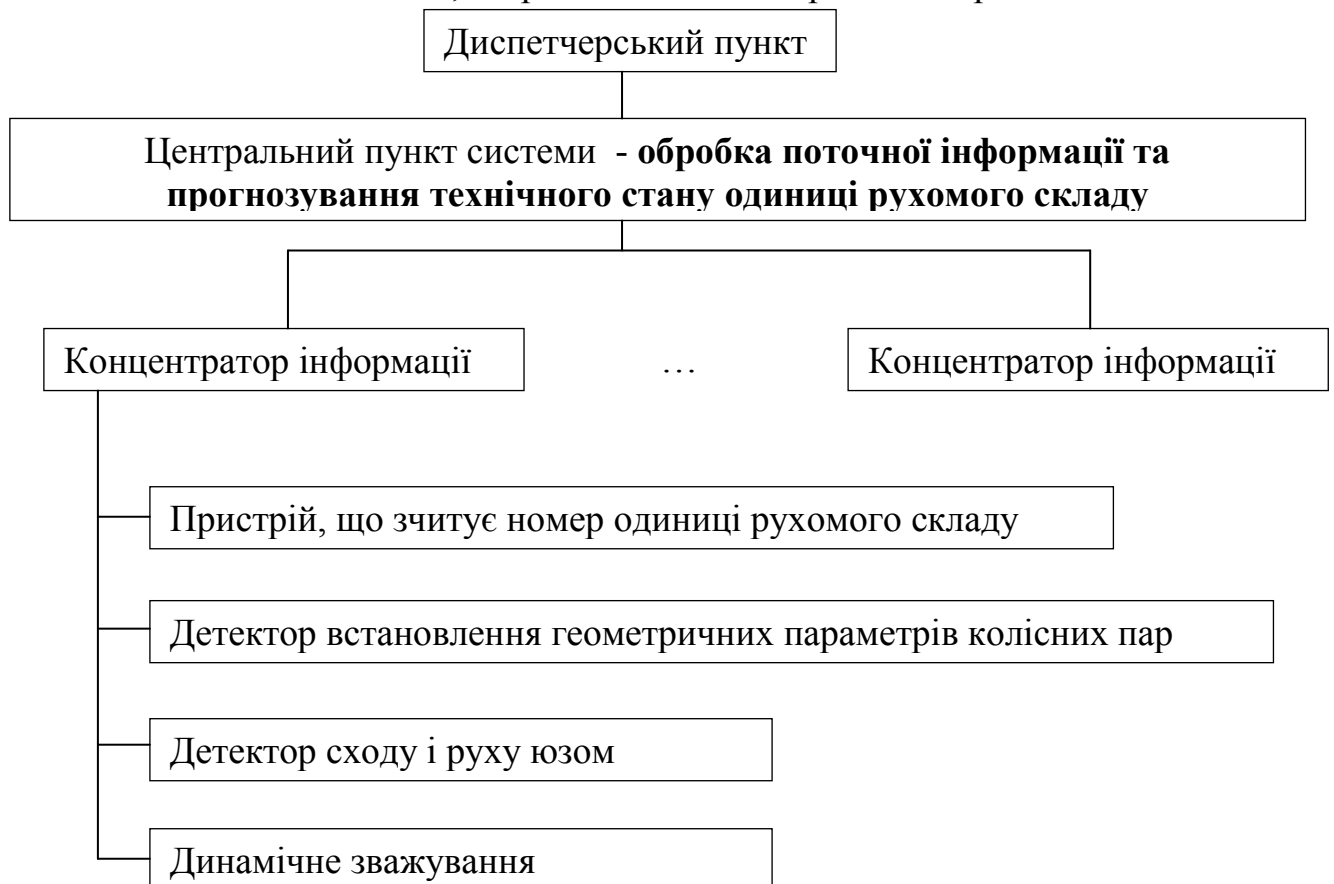


Рис. 4.3. Пропонована система встановлення та прогнозування технічного стану колісних пар у режимі реального часу.

Перевагою такої системи є не тільки встановлення поточного стану рухомого складу і прогнозування його зміни, але й зменшення у необхідності проведення ремонтів та технічних обслуговувань, які будуть не регламентовані нормами, а проводитись за прогнозованим технічним станом елементів конструкцій (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Схематичне зображення системи прийняття рішень щодо ремонту та технічного обслуговування рухомого складу

4.3. Висновки.

1. Проведено порівняльний аналіз систем технічного обслуговування та ремонту колісних пар згідно вимог ЄС та УЗ.
2. Встановлено, що у даних нормативних вимогах контролюється відповідність геометричних параметрів колісних пар та наявність (відсутність) дефектів у них методами неруйнівного контролю. Разом із тим питання передбачувального аналізу строку служби для колісних пар, особливо із врахуванням їх поточного стану, в нормативних документах УЗ не передбачено, так само як і в нормативних документах ЄС.
3. Запропонована архітектура системи для встановлення поточного стану та передбачувальної діагностики колісних пар, яка дозволить проводити систему ремонту по передбаченню і прогнозуванню технічного стану.

ВИСНОВКИ.

1. Проведено аналіз нормативних документів та спеціальної літератури України, які регламентують ремонт рухомого складу в системі УЗ. Показано, що питання безпеки руху під час експлуатації рухомого складу достатньо чітко прописані та регламентовані. Встановлено, що в УЗ діє жорстка система технічного обслуговування та ремонтів рухомого складу, яка має для кожного виду рухомого складу має чітко визначені межі як по часу експлуатації, так і об'єму виконаної роботи (пробігу).

2. Проведено аналіз основних вимог щодо ремонту рухомого складу згідно нормативів ЄС. Показано, що у Директиві ЄС, що стосується залізничного транспорту достатньо чітко обумовлені узагальнені вимоги щодо технічного обслуговування рухомого складу та критерії, які виставляються до підприємств, що цим займаються. Встановлено, що питання щодо ремонту європейського рухомого складу в TSI достатньо жорстко прописані, при цьому має бути сформований так званий «Технічний файл» на одиницю рухомого складу під час її експлуатації, «Файл обґрунтування технічного обслуговування» та «Файл опису технічного обслуговування», в якому, зокрема, необхідно вказати граничні значення для компонентів, які не повинні перевищуватися під час експлуатації.

3. Проведено аналіз сучасних технологій контролю технічного рухомого складу, які використовуються як у ЄС, так і інших країнах. Запропоновано проводити прогнозування виходу із ладу елементів конструкцій на основі сумісного використання даних діагностики у реальному часі та математичного моделювання. Показано, що питання побудови математичних моделей трибологічних систем є відкритою проблемою, яка на даний момент ще не розв'язана.

4. Проведено порівняльний аналіз систем технічного обслуговування та ремонту колісних пар згідно вимог ЄС та УЗ. Встановлено, що у даних нормативних вимогах контролюється відповідність геометричних параметрів

колісних пар та наявність (відсутність) дефектів у них методами неруйнівного контролю. Разом із тим питання передбачувального аналізу строку служби для колісних пар, особливо із врахуванням їх поточного стану, в нормативних документах УЗ не передбачено, так само як і в нормативних документах ЄС. Запропонована архітектура системи для встановлення поточного стану та передбачувальної діагностики колісних пар, яка дозволить проводити систему ремонту по передбаченню і прогнозуванню технічного стану.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		80

Список літератури.

1. Закон України «Про залізничний транспорт». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-вр#Text>
2. Статут залізниць України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-98-п#Text>
3. Правила технічної експлуатації залізниць України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text>
4. Корнійчук М.П., Липовець Н.В., Шамрай Д.О. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту. – К.: Дельта, 2009. (Частина 1, Частина 2).
5. Directive (EU) 2016/798 of the European parliament and of the council of 11 may 2016. On railway safety
6. Commission Regulation (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘rolling stock — locomotives and passenger rolling stock’ subsystem of the rail system in the European Union.
7. Бурченко, В.В. Автоматизированные системы контроля подвижного состава: учеб. пособие / В. В. Бурченко; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 226 с.
8. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций/ В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
9. Махутов, Н. А. Динамика, прочность и износостойкость машин и оборудования / Н. А. Махутов, Л. А. Сосновский // Машиностроение : республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет ; под ред. Б. М. Хрусталева. – Минск : БНТУ, 2007. – Вып. 23. – С. 289-294.
10. Основы трибологии (трение, износ, смазка). – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.

11. Технічна діагностика машин [Текст] : учеб. пособие: в 4 ч. / В. М. Нагорный. - Сумы : Сумський гос. ун-т, 2006 .

Ч. 1 : Отказы машин и их физическая природа, 2006. - 230 с.

12. ЦВ-ЦЛ-0062. Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар. – К., 2005. – 103 с.

13. Інструкції з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм. – К., 2011. – 168 с.

14. EN 15663:2009 “Railway applications. Vehicle reference masses”

15. EN 12663-1:2010 “Railway applications. Structural requirements of railway vehicle bodies Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons)”

16. EN 13979-1:2003 “Railway applications - Wheelsets and bogies - Monobloc wheels - Technical approval procedure - Part 1: Forged and rolled wheels”

17. EN 13260:2020 “Railway applications. Wheelsets and bogies. Wheelsets. Product requirements”

18. EN 13261:2009 “Railway applications. Wheelsets and bogies. Axles. Product requirements”

19. EN 13103:2009 “Railway applications - Wheelsets and bogies - Non-powered axles - Design method”

20. EN 13104:2009 “Railway applications - Wheelsets and bogies - Powered axles - Design method”

21. EN 13979-1:2003 “Railway applications - Wheelsets and bogies - Monobloc wheels - Technical approval procedure - Part 1: Forged and rolled wheels”

СПИСОК РИСУНКІВ

Рис. 3.1. Функції та можливості комплектації системи Argus

Рис. 3.2. Конфігурація CheckPoint на магістралі NSR

Рис. 3.3. Зовнішній вигляд волоконно-оптичного датчика системи Sensorline (а) та схема його встановлення (б)

Рис. 3.4. Зовнішній вигляд діагностичного обладнання системи Multirail WheelScan

Рис. 3.5 Зовнішній вигляд вимірювальної ділянки системи WILD

Рис. 3.6. Традиційний (а) та новий підходи до аналіз роботи системи колесо-рейка

Рис. 4.1. Умовні позначення колісних пар

Рис. 4.2. Позначення для колісної пари

Рис. 4.3. Пропонована система встановлення та прогнозування технічного стану колісних пар у режимі реального часу

Рис. 4.4. Схематичне зображення системи прийняття рішень щодо ремонту та технічного обслуговування рухомого складу

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 3.1. Технічні характеристики систем безконтактного оптичного контролю параметрів колісних пар

Таблиця 4.1. Експлуатаційні межі геометричних розмірів колісних пар

Таблиця 4.2 Експлуатаційні границі геометричних розмірів коліс

Таблиця 4.3 Зв'язок між пунктами TSI та європейськими стандартами

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84

АННОТАЦІЯ І КЛЮЧОВІ СЛОВА

Магістерська робота складається зі вступу, 4-х розділів основної частини і висновків. Загальний об'єм тексту – 70 сторінок, бібліографія, що містить 21 найменування, – 2 сторінки, 10 рисунків, 4 таблиці.

Метою роботи є розробка практичних рекомендацій із уніфікації технологій ремонту рухомого складу українських залізниць відповідно до вимог інтероперабельності.

В роботі проведений аналіз літератури, яка присвячена особливостям ремонту та технічного обслуговування рухомого складу в Україні та країнах ЄС. Встановлено, що в УЗ діє жорстка система технічного обслуговування та ремонтів рухомого складу, яка має для кожного виду рухомого складу має чітко визначені межі як по часу експлуатації, так і об'єму виконаної роботи (пробігу). Також встановлено, що питання щодо ремонту європейського рухомого складу в TSI достатньо жорстко прописані, при цьому має бути сформований так званий «Технічний файл» на одиницю рухомого складу під час її експлуатації, «Файл обґрунтування технічного обслуговування» та «Файл опису технічного обслуговування», в якому, зокрема, необхідно вказати граничні значення для компонентів, які не повинні перевищуватися під час експлуатації.

З метою уніфікації технічних рішень ремонту рухомого складу українських залізниць відповідно до вимог інтероперабельності в роботі на прикладі колісних пар запропонована архітектура системи передбачувальної діагностики, яка дозволить проводити систему ремонту по передбаченню і прогнозуванню технічного стану.

Ключові слова: технічне обслуговування, передбачення і прогнозування технічного стану, життєвий цикл, інтероперабельність.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

ANNOTATION AND KEYWORDS

The master's thesis consists of an introduction, 4 sections of the main part and conclusions. The total volume of the text is 70 pages, the bibliography containing 21 names is 2 pages, 10 figures, 4 tables.

The purpose of the work is to develop practical recommendations for the unification of technologies for repairing rolling stock of Ukrainian railways in accordance with interoperability requirements.

The paper analyzes the literature devoted to the peculiarities of the repair and maintenance of rolling stock in Ukraine and the EU countries. It was established that a strict system of maintenance and repairs of rolling stock operates in UZ, which has clearly defined limits for each type of rolling stock both in terms of operating time and the volume of work performed (mileage). It has also been established that issues related to the repair of European rolling stock in the TSI are sufficiently rigidly prescribed, while a so-called "Technical File" must be created for a unit of rolling stock during its operation, "Maintenance Justification File" and "Maintenance Description File", in which, in particular, it is necessary to specify the limit values for the components that must not be exceeded during operation.

In order to unify technical solutions for the repair of rolling stock of Ukrainian railways in accordance with the requirements of interoperability in work, using the example of wheelsets, the architecture of the system of predictive diagnostics is proposed, which will allow the repair system to be carried out by predicting and forecasting the technical condition.

Key words: maintenance, prediction and forecasting of technical condition, life cycle, interoperability.

					0031.185571.MP.2022.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		86