

Математична оцінка надійності струмоприймачів електровозів за критерієм зношування накладок

М. О. Баб'як, М. Д. Грилицький, О. С. Богатов*

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Львівська філія, Україна
*Інтер-Контакт-Пріор, м. Київ, Україна

Проаналізовано результати експериментальних досліджень експлуатаційного зношування накладок струмоприймачів електровозів постійного струму. Визначено експлуатаційну надійність елементів струмоприймачів, інтенсивність зносу накладок при реальних пробігах електровозів для різних матеріалів контактних пластин.

Ключові слова: струмоприймач, контактна пластина, зношування, надійність, ресурс.

Вступ

Надійність електровоза, як системи в цілому, характеризується ймовірністю безвідмовної роботи окремих елементів цієї системи. Тому методика визначення надійності такої системи повинна передбачати на першому етапі збір статистичних даних про відмови окремих елементів. Такий підхід дає можливість встановити інтенсивність відмов по елементах, дати обґрунтовані рекомендації до проектування надійних систем, визначити глибину відновлення вузлів і їх елементів у процесі ремонту.

З цією метою система “електровоз” умовно розподіляється на ряд підсистем, а кожна підсистема — на складові її елементи, об’єм яких визначається в кожному окремому випадку в залежності від конструктивних особливостей системи. При відокремленні підсистем обов’язково виконується умова: відмова кожної з підсистем повинна бути незалежною подією. Отже, обладнання електровоза розбивається на незалежні підсистеми.

Відмова будь-якого з елементів, що в принципі не приводить до відмови підсистеми, не веде за собою відмову системи в цілому. Наприклад, відмова одного струмоприймача призведе до відмови підсистеми і електровоза в цілому, тому що електровоз з одним справним струмоприймачем, хоча і може довести поїзд до кінцевого пункту, однак отримане обмеження у відповідності до Правил технічної експлуатації треба класифікувати як відмову системи в цілому і електровоз повинен бути поставлений на позаплановий ремонт.

Актуальність проблеми

Згідно з аналізом стану безпеки руху поїздів і автотранспорту в господарствах Львівської залізниці за 2005—2011 роки та статистичним аналізом відмов вузлів та агрегатів електровозів локомотивного депо



Рис. 1. Розподіл непланових ремонтів дахового обладнання.

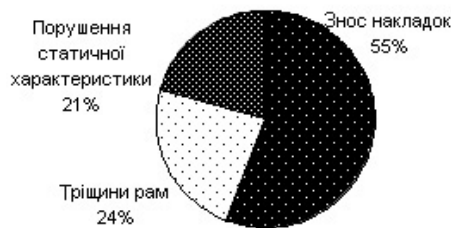


Рис. 2. Розподіл найчастіших пошкоджень струмоприймача.

Мукачево Державного територіально-галузевого об'єднання “Львівська залізниця”, серед електричної апаратури одне з менш надійних є дахове обладнання. Це, насамперед, зумовлено: неякісним ремонтом, неправильною експлуатацією, перевантаженням механізмів, запасними частинами, що надходять у локомотивні депо для ремонту та не відповідають сертифікатам якості, недотриманням вимог Правил ремонту при виконанні поточних ремонтів електровозів, а також складним планом та профілем колії і контактної мережі на Карпатському перевалі. Як впливає з табл. 1, найбільшу частину серед відмов дахового обладнання займають несправності струмоприймача [1]. Розподіл пошкоджень, що призвели до позапланових ремонтів по даховому обладнанню за 2005—2011 роки, представлений на рис. 1. Як бачимо з діаграми, найбільш часто виходить з ладу струмоприймач, оскільки він працює у більш важких, ніж інші апарати, умовах і додатково зазнає впливу зі сторони контактної підвіски і сил від опору повітряного середовища.

На рис. 2 та у табл. 2 представлено розподіл найчастіших пошкоджень струмоприймача за 2005—2011 роки. Найбільш інтенсивно зношуються накладки полоза струмоприймача, особливо у зимовий період часу. Піднімання та опускання струмоприймача викликає знос шарнірних з'єднань, пневматичного приводу та пружино-важільного механізму. Вологий клімат підвищує ймовірність перекриття електричною дугою опорних ізоляторів [2]. Експлуатаційна надійність елементів струмоприймачів визначається багатьма факторами: матеріалом контактних елементів; величиною струму, що протікає через ковзний контакт між полозом струмоприймача та контактним дротом; швидкістю руху ЕРС; натиском в контакті тощо [3—5].

Дослідна частина

За наказом Головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці (ЦТ № 10/66 від 19.03.2009 р.) нами проведено експлуатаційні випробування дисперсно-зміцнених контактних пластин марок ПКД.00.01, ПКД.00.02 розмірами 200x30x8, які виготовлені науково-виробничою фірмою ТОВ “Інтер-Контакт-Пріор” (м. Київ).

Об'єкт досліджень — процеси зношування контактних пластин струмоприймачів електровозів постійного струму.

Мета роботи — підвищення експлуатаційної надійності струмоприймачів електрорухомого складу залізниць.

Т а б л и ц я 1. Розподіл пошкоджень дахового обладнання

Найменування обладнання	Число пошкоджень, шт.					На 1 млн. км пробігу				
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
Струмоприймачі	7	5	13	5	4	1,23	0,75	1,65	0,68	0,77
Шумозащадний дросель	1	2	3	0	2	0,18	0,3	0,38	0	0,39
Влітові розрядники	2	1	2	1	0	0,34	0,15	0,25	0,14	0
Роз'єднувачі	3	3	4	2	1	0,53	0,45	0,51	0,27	0,19
Ізолятори	1	1	4	0	1	0,18	0,15	0,51	0	0,19
Всього по даховому обладнанню	14	12	26	8	8	2,46	1,8	3,3	1,09	1,54

Т а б л и ц я 2. Розподіл найчастіших пошкоджень струмоприймачів П-5

Найменування пошкоджень	Число пошкоджень, шт.					На 1 млн. км пробігу				
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
Знос накладок	4	2	8	3	2	0,7	0,3	1,02	0,4	0,39
Порушення статичної характеристики	1	2	3	1	1	0,18	0,3	0,38	0,14	0,19
Тріщини рам та вироблення шарнірів	2	1	2	1	1	0,35	0,15	0,25	0,14	0,19
Всього по струмоприймачах	7	5	13	5	4	1,23	0,75	1,65	0,68	0,77

Т а б л и ц я 3. Інтенсивність зносу накладок

Тип матеріалу	Номер полоза	Серія та номер електро-воза	Пробіг накладок, км	Інтенсивність зносу, мм/10 000 км			
				по лижі	в середній частині	по електро-возу	по матеріалу накладок
ПКД-1	1-1	ВЛ11-048	68191	0,32	0,38	0,37	0,37
	1-2	ВЛ11-048	68191	0,37	0,43		
	1-3	ВЛ10-1474	81187	0,32	0,37	0,37	
	1-4	ВЛ10-1474	81187	0,36	0,44		
ПКД-2	2-2	ВЛ11-056	62509	0,52	0,64	0,58	0,51
	2-1	ВЛ11-056	62509	0,50	0,64		
	2-3	ВЛ10-1486	58744	0,40	0,48	0,44	
	2-4	ВЛ10-1486	58744	0,44	0,47		
МГ-487	4-1	ВЛ11-048	46182	0,79	1,04	0,97	0,77
	4-2	ВЛ11-048	46182	0,92	1,12		
	4-4	ВЛ11-083	53414	0,68	0,87	0,79	
	4-3	ВЛ11-083	53414	0,70	0,90		
	4-5	ВЛ10-1474	68580	0,62	0,76	0,75	
	4-6	ВЛ10-1474	68580	0,71	0,93		
	4-7	ВЛ10-1486	75049	0,51	0,63	0,58	
	4-8	ВЛ10-1486	75049	0,53	0,67		

У процесі досліджень проведено статистичний аналіз несправностей струмоприймачів П-5 електровозів постійного струму серій ВЛ10, ВЛ11м в умовах Львівської залізниці і визначено характеристику основних пошкоджень контактних пластин струмоприймачів, які експлуатуються локомотивними депо “Львів-Захід” та “Мукачево” (табл. 3, рис. 3).

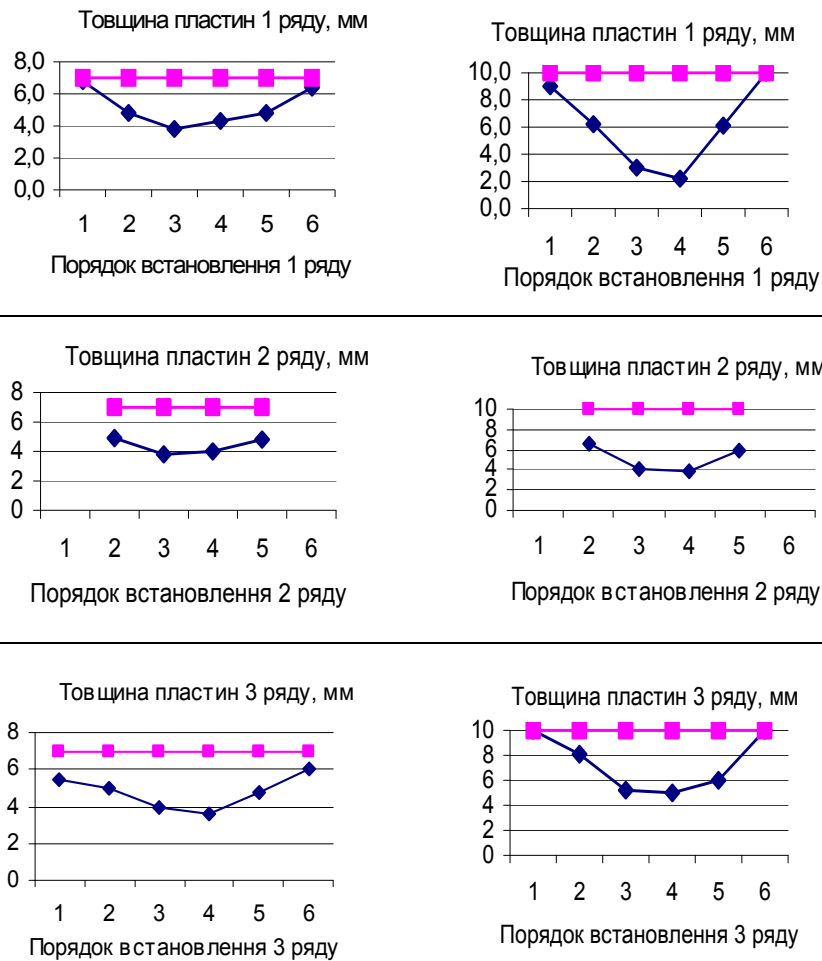


Рис. 3. Знос контактних пластин ПКД-1. Електровоз ВЛ11м-048, секція А. Пробіг пластин полозу 68 191 км.

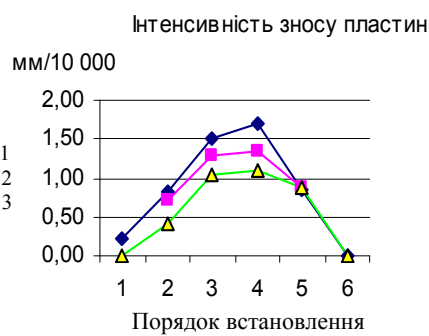


Рис. 4. Знос контактних пластин МГ-487. Електровоз ВЛ11м-048, секція Б. Пробіг пластин полозу 46 182 км.

Для порівняння використовувалась пластина контактна металокерамічна для струмоприймача електровозів постійного струму МГ-487 АТ “Електрокарбон” (Словаччина) [6—8] (рис. 4). Виконано детальні експериментальні дослідження зносостійкості контактного з’єднання. За результатами дослідних поїздок та виконаних нами замірів проведено математичні розрахунки чисельної оцінки надійності контактних пластин струмоприймачів електровозів постійного струму за критерієм зношування в експлуатації.

Засобами математичної статистики розраховано середній знос пластин, інтенсивність зносу, ресурс кожного виду пластин, а також дана характеристика зносу пластин в залежності від характеру роботи електровоза. Визначено ймовірність безвідмовної роботи за критерієм товщини контактних пластин при різних умовах роботи електровозів для різних матеріалів, а також отримано γ -відсотковий ресурс пластин [4, 6—9].

Висновки

Експериментально доведено, що існує пряма залежність між товщиною накладки і місцем її монтажу. Зокрема, у середній частині полоза частіше зустрічаються ознаки механічного зносу, а крайні накладки зазнають електроерозійного зношування, іноді навіть з пошкодженням каркасу полоза. Значні іскрові розряди, що виникають при проходженні ковзним контактом секційних ізоляторів контактної мережі, місць стискування контактної провладу, за рахунок перенесення міді створюють сприятливі умови для початку задирів і пропилів на контактних пластинах.

Пропонується розраховувати знос контактних пластин для двох випадків: перший — для прогнозування виходу з ладу кожного полоза (за інтенсивністю зносу середньої частини), а другий — кінцевий — для розрахунку ресурсу роботи обох полозів струмоприймача. Як приклад наведено дані експлуатації пасажирських електровозів ВЛ10 і вантажних ВЛ11м, вивчено характер та інтенсивність зносу пластин на графіках на прикладі електровоза ВЛ11м-048.

На основі статистичних даних експлуатаційних випробувань були розроблені рекомендації виробникам дисперсно-зміцнених контактних пластин ПКД, які дозволили покращити технічні характеристики пластин і продовжити їх ресурс. Це було підтверджено на другому етапі випробувань при експлуатації дослідних пластин як у тяговому режимі, так і в режимі рекуперативного гальмування (САУРТ-034) з комплектацією блоком автоматичного регулювання швидкості (“БАРШ”).

1. *Аналіз стану безпеки руху поїздів і автотранспорту в господарствах Львівської залізниці за 2005—2011 роки.* — ДТГО “Львівська залізниця”, 2011. — 128 с.
2. *Берент В. Я.* Матеріали и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта. — М.: Интекст, 2005. — 408 с.
3. *Беляев И. А., Михеев В. П., Шиян В. А.* Токосъём и токоприёмники электроподвижного состава. — М.: Транспорт, 1976. — 184 с.
4. *Колесов С. М., Колесов И. С.* Матеріали та взаємодія контактної підвіски і струмоприймача. — Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, 2006. — 284 с.
5. *Електровоз ВЛ-11м: Руководство по эксплуатации.* — М.: Транспорт, 1994. — 416 с.
6. *Баб’як М. О., Грилицький М. Д.* Про деякі особливості розрахунку зносу контактних пластин // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. — 2011. — № 4 (158), ч. 1. — С. 232—236.
7. *Баб’як М. О., Мінець О. С., Котик В. Я. та ін.* Дослідження зносу накладок струмоприймачів електрорухомого складу постійного струму в експлуатації // Локомотив-інформ. — 2010. — № 2. — С. 48—50.
8. *Баб’як М. О.* Розрахунок і підвищення довговічності спряжених поверхонь: контактний провід—струмоприймач електричного транспорту // Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного ун-ту транспорту Міністерства транспорту України. Серія “Транспортні системи і технології”. — К.: ДЕГУТ. — 2008. — Вип. 13. — 228 с.
9. *Баб’як М. О., Шаргун Т. О., Синявський Т. Й.* Проблеми в контактному з’єднанні “Струмоприймач—контактна мережа” // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. — 2010. — № 5 (147), ч. 1. — С. 262—266.