

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА ЛОКОМОТИВАХ

Робота спрямована на виявлення причин пожеж на локомотивах, на прикладі електровозу ВЛ-80к, та аналіз інших випадків пожеж. Наведені результати досліджень отриманих шляхом аналітичного та хімічного аналізу деталей електровозу що стали первинними причинами займання трансформаторного масла на локомотиві та повного вигорання його секції.

Ключові слова: локомотиви, електровоз ВЛ-80к, затискачі контактів, трансформаторне мастило, передчасне руйнування, пожежа, хімічний склад.

Вступ

Безпеці руху поїздів приділяється багато уваги як в нашій державі, так і за кордоном. В державах – лідерах європейського союзу, наприклад в Німеччині, Федеральне міністерство транспорту і цифровий інфраструктури Німеччини (BMVI) з особливою увагою перевіряє якість продукції, що постачається для потреб залізниць. За опублікованими даними [1] в Німеччині міністерством забраковано 140 нових складів поїздів, що неякісно виготовлені німецькими виробниками та мають дефекти. За даними німецьких вчених, більш ніж 75 % техногенних аварій пов'язано із застосуванням неякісного та неналежного типу металу в конструкціях та деталях виробів [1-2]. Реалізація пропозицій всіх узгоджених міждержавних документів дозволить мінімізувати ризики порушень безпеки руху та забезпечить гарантований перевіз вантажів і пасажирів на залізницях будь якої держави.

Україна прагне долучитися до виконання всіх міжнародних нормативів, особливо затверджених Організацією співтовариства залізничних доріг (ОСЗД), які забезпечують підтримку якості та надійності продукції, застосованою ПАТ «Укрзалізниця», що сприяє стабілізації обстановки з безпекою руху по мережі Українських залізниць.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми

В процесі перевезень на залізницях виникають значні вібрації, які сприяють послабленню кріплень елементів у тому числі силового кола локомотивів, що за статистикою ПАТ «Укрзалізниця» спричиняє на них пожежі. Від цього піддаються небезпеці пожеж не тільки старі локомотиви, а і нові, нещодавно закуплені, кожен з яких коштує 4,5 млн. доларів США. На 2018 рік передбачено закупівлю фінансовим лізингом 25 тепловозів General Electric Transportation на суму 3,4 млрд. гривень [10].

Значний дефіцит локомотивів в локомотивному парку ПАТ «Укрзалізниця», майбутні закупівлі дорогих нових локомотивів, а також цінність людського життя взагалі та локомотивних бригад окремо, вказує робітникам компаній-власників залізничного транспорту на необхідність впровадження нових ефективних систем попередження пожеж на локомотивах. За статистикою Департаменту локомотивного господарства ПАТ «Укрзалізниця», більшість пожеж на локомотивах спричинено дією дуги в високовольтних камерах, резисторних групах, клемних з'єднаннях електричних кіл. Хоча конструкція, місце розташування та доступність для оглядання означених місць відрізняються на кожній окремій серії локомотивів, загальна закономірність виявлення найбільш небезпечних ділянок в елек-

тричній частині локомотивів підказує, що області з максимальним ризиком виникнення електричної дуги та пожежі з певними нюансами повторюються на будь-якій серії тягового рухомого складу. Виникає задача завчасного попередження пожеж та виникнення аварій і нещасних випадків на локомотивах та іншому рухомому тяговому складі залізниць, пов'язаних з наднебезпечним коротким замиканням і електричною дугою в високовольтних камерах, поблизу головного трансформатора з великим об'ємом масла, резисторних групах, клемних з'єднаннях електричних кіл. Зазначений об'єм масла згідно світового досвіду загасити не можливо навіть найсучаснішими системами пожежогасіння. Тому попередження пожеж є стратегічною задачею на залізничному транспорті.

Мета та задачі дослідження

Робота спрямована на дослідження причин пожеж на локомотивах, за статистикою ПАТ «Укрзалізниця», виявлення, на прикладі електровозів ВЛ-80к, головних факторів що впливають на виникнення пожеж та пошук шляхів попередження пожеж на локомотивах.

Матеріали, методика та результати досліджень

У роботі застосовано макроскопічні, фактографічні і аналітичні методи, дослідження хімічного складу деталей відповідальних за виникнення пожеж на електровозі ВЛ-80К.

Аналітичні дослідження причин виникнення пожеж на локомотивах за статистикою ПАТ «Укрзалізниця» виявили, що більшість цих пожеж спричинені перегрівом з'єднань в їх електричних колах. Типовим у цій статистиці є дослідження причин виникнення пожежі на вантажному електровозі ВЛ-80к. В процесі перевезення навантаженого поїзду локомотивом одночасно вийшли з ладу два контактних з'єднання, які були зруйновані за різними механізмами, але саме синхронність їх руйнування призвела до виникнення пожежі, яка спалила потужним полум'ям секцію електровозу [11].

В електричній схемі електровозу ВЛ-80к захист від короткого замикання кіл випрямних установок здійснюється диференціальним блоком реле БРД [6, 7] (рис.1).

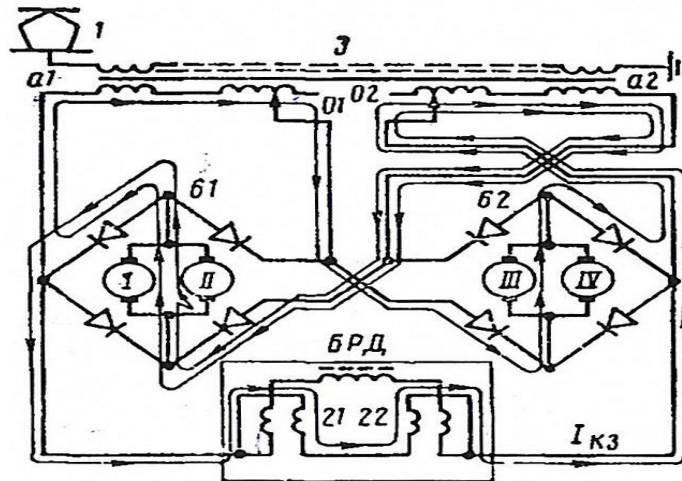


Рис. 1- Спрощена схема протікання струму короткого замикання в електричних колах електровозу ВЛ-80к

На наведеній схемі струмові котушки диференціальних реле 21 і 22 разом з дроселем увімкнені між двома точками ланцюга вторинних обмоток силового трансформатора, які мають рівні потенціали. Тому по струмовим котушкам при нормальній роботі схеми струм не протікає. Зрівняльний струм в струмових обмотках котушок реле 21 і 22 може виникнути у таких режимах, як: боксування однієї чи декількох колісних пар, відключен-

ня одного чи декількох тягових двигунів, відключення випрямної установки та рух електровоза на неходових позиціях [6].

В нашому випадку обидва контактних затискача з різних причин (один з причин оплавлення, другий з причини термічного розтріскування контактної пластини) одночасно та у рівному ступені втрачали електропровідність, як за рахунок підвищення опору розтріснутого матеріалу, так і підвищення опору фазовим перетворенням і процесом плавлення другого зразка. Обидва ці процеси сприяли попаданню розплавленого металевого розчину на трансформатор, резинові прокладки з подальшим підпалом трансформаторного масла, що і стало причиною загального пожежу на секції електровозу ВЛ-80к № 48. Таким чином можна зробити висновок про те, що подібний випадок пожежі не міг бути попереджений ні існуючими видами блокувань електричних кіл, ні існуючими надпотужними методами пожежогасіння.

Затискачі, застосовані в електровозах ВЛ80к, тобто їх матеріал, згідно конструкторської документації повинен відповідати марці свинцевих латуней ЛС 59-1, що регулюється нині ГОСТ 15527 [3].

Попередні дослідження сплаву контактних затискачів показали, що причинами виникнення пожежу було:

- зернограничне розтріскування матеріалу в області кріпильних болтів на ділянці затискача, що прилягає до конструкційної основи, яку не можна побачити при регулярних оглядах цього вузла. Як приклад, зовнішній вигляд зразка контактної пластини, в області її кріпильних болтів, по ланцюгу а1 схеми наведеній на рисунку 1, представлено на рисунку 3;

- перегрів матеріалу контактних затискачів в області кріпильних болтів, які мають набагато більший опір і створюють напруження в конструкції затискача, що веде до розкриття термічних тріщин на їх поверхні;

- прискорення процесів розкриття тріщин у контактних елементах за рахунок вібраційних навантажень цього вузла локомотиву в процесі його експлуатації.

В результаті розтріскування матеріалу затискачів зменшується ефективний переріз провідника, підвищується опір електричному струму, збільшується температура провідника і за рахунок цього знов збільшується опір електричному струму. При значних потужностях електричного струму, що споживає допоміжне обладнання локомотива електровозу, ця температура досягає температур плавлення матеріалу. Контактний затискач № 01за схемою на рисунку 2 [6], зовнішній вигляд якого представлено на рисунку 3, в процесі оплавлення провокує утворення електричної дуги та потрапляння часток розплавленого металу на кондуїт проводів електромонтажу і гумові ущільнення виводів трансформатора, з подальшим займанням трансформаторного масла.

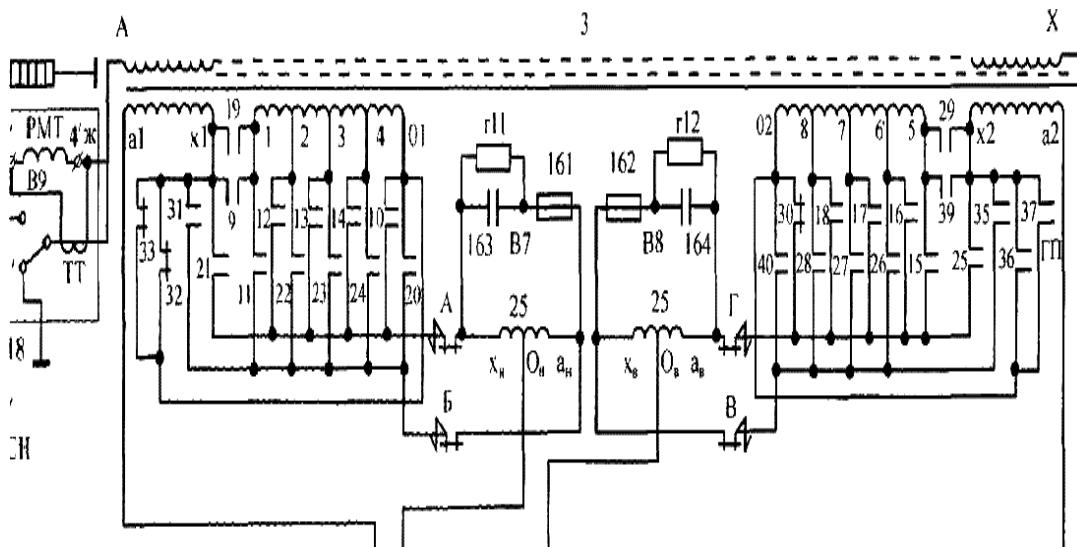


Рис. 2— Фрагмент електричної схеми електровоза ВЛ-80к

Зі схеми видно, що одночасний вихід з ладу двох контактів ланцюгів a1 і 01 не призводить до блокування або включення будь-якого електричного захисту електровоза. Тому загоряння буде і надалі підтримуватися дугою, що збільшує потужність її струму, та поширюватися на сусідні ділянки конструкції локомотива. Але власно дуга, яка весь час підтримується, викликає загоряння великого об'єму трансформаторного масла, після чого пожежа набуває незворотних і катастрофічних наслідків.





Рис.3- Оплавлений та зламаний затискачі контактів електровозу ВЛ-80к після його пожежи

Для аналізу хімічного складу контактних затискачів, пошкоджених при пожежі у два способи: перший – розплавленням, другий – виникненням термічних тріщин спрямованих у радіальних напрямках від отворів для кріпильних болтів, використовувався портативний аналізатор металів S1 TITAN, з технологією вимірювання SDD високої точності. Цей портативний прилад дозволяє аналізувати склад металів, наряду з важкими і легкими елементами Mg, Al, Si, за допомогою рентгенівської трубки з напругою живлення до 50 кВ. Прилад був застосований саме для точної оцінки кількості легких елементів в сплавах, що досліджувалися. Для підтвердження кількісних показників основних складових сплаву затискувачів та домішок до нього важких елементів було використано іскровий спектрометр Q2ION, фірми Брукер (Німеччина). Багатоосновний оптико-емісійний спектрометр призначено для комплексного рішення задач вхідного контролю якості матеріалів. Він має комплект еталонних зразків та забезпечує точність аналізу що виконується до сотих часток відсотку.

Досконале вивчення хімічного складу матеріалу контактних затискачів електровозу ВЛ-80к, із застосуванням еталонних зразків, спектрометричним методом за допомогою оптико-емісійного спектрометра Q2ION та портативного аналізатору металів S1 TITAN, показало, що обидва зразки затискувачів (з термічними тріщинами та того, що розплавився) мають значну зональну ліквідацію та невідповідність хімічного складу їх матеріалів вимогам нормативної документації. Відмічено також забрудненість сплавів домішками, що викликало мікроструктурну неоднорідність матеріалу затискувачів - дендритну ліквідацію.

Хімічний склад матеріалу контактних затискачів визначено вимогами технічної конструкторської документації. Контактні затискачі мають бути виготовлені з свинцевих латуней ЛС59-1[6]. Хімічний склад цієї латуні, за ГОСТ 15527-2004 [3], наведено в таблиці 1.

Табл. 1- Хімічний склад свинцевої латуні ЛС59-1 за вимогами ГОСТ 15527-2004

Масова частка, %								Інші елементи	Розрахункова щільність, г/см ² , приблизно
Елемент									
Cu	Pb	Fe	Sn	Sb	Bi	P	Zn		
57-60	08-19	0-0,5	0-0,3	0-0,01	0-0,003	0-0,02	інше	0-0,75	8,4

За вимогами ГОСТ 15527 [3] загальна частка елементів олова та кремнію у латуні повинна бути не більше 0,5 %. Масова частка нікелю повинна не перевищувати 0,5 %, за рахунок масової частки міді.

Хімічний склад контактних затискачів вимірюний за допомогою аналізатора металів S1 TITAN наведено в таблицях 2 і 3.

Табл. 2 – Хімічний склад контактного затискача, що розплавився

Cu	Zn	Fe	Si	Nb	Sn	Pb	Mn	Ni
59,28	38,61	0,62	0,19	0,19	0,21	0,63	0,14	0,07

Табл. 3 – Хімічний склад контактного затискача, що має термічні тріщини

Cu	Zn	Si	Fe	Ni	Sn	Nb	Pb	Sb	S	Cr	As	Zr
78,28	15,91	1,39	0,42	0,19	1,03	0,11	1,97	0,16	0,02	0,02	0,06	0,04

Як видно з наведених таблиць, хімічний склад матеріалу контактних затискачів не однаковий і має значні розходження, як по основних, так і по додаткових легуючих елементах та домішках.

Досконале вивчення хімічного складу матеріалу затискувачів було зроблено із застосуванням еталонних зразків спектрометричним методом за допомогою багатоосновного іскрового оптико-емісійного спектрометра Q2ION з точністю до сотих відсотка. Результати вимірювань наведено у таблиці 4, де зразки № 1 і № 2 - з термічними тріщинами, а № 3 – той, що розплавився.

Табл. 4 – Хімічний склад матеріалу зразків контактних затискачів, % (мас.)

Зразок	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Al	S	As	Bi	Se	Cu
1	14.69	2.666	0.825	0.031	0.034	0.431	0.260	1.743	0.024	0.009	<0.005	<0.005	0.016	79.26
2	14.40	2.603	0.913	0.033	0.031	0.415	0.262	1.745	0.025	0.0054	<0.005	<0.005	0.018	79.54
3	37.88	0.422	0.210	0.045	0.158	0.704	0.078	0.081	0.122	<0.005	0.0082	<0.005	0.019	60.27

З аналізу даних таблиці 4 видно, що кількість цинку в наведених сплавах зразків затискувачів відрізняється більше ніж у два с половиною рази, що за умов однорідної структури знижує температуру плавлення на 140 °С. Підвищена кількість цинку у розплавленому зразку перед початком плавлення могла бути ще вищою по причині того, що в результаті плавлення цинк частково вигорає. Згідно наявним даним [4, 5], збільшення кількості цинку у металевому сплаві до 45-47 % підвищує тимчасовий опір розриву виробу, але відносне подовження досягає максимуму при 30-32 % цинку, а потім різко зменшується. Таким чином, обидва сплави мають невисоку пластичність, з відносним подовженням δ близько 40 %. При цьому, температури рекристалізації цих сплавів відрізняються майже на 50 °С, та складають для розплавленого зразка 315,7 °С, розтрісканого – 364,0 °С.

Латуні, що містять близько 1 % свинцю називаються автоматними, вони легко обробляються та в даному випадку застосовуються для виготовлення контактних затискачів. Кі-

лкість цинку в них повинна перевищувати 32 %, що сприяє потраплянню шкідливих легкоплавких включень свинцю у середину зерен та збереженню високих фізико-механічних показників латуні і підвищенню її оброблюваності. Але у випадку застосування сплаву з вмістом цинку близько 14,5 %, відповідне підвищення концентрації свинцю сприяє утворенню легкоплавких евтектичних включень по границях α -розчину мідно-цинково-свинцевого сплаву та виникненню термічних і корозійних тріщин в контактних затискачах під час їх експлуатації. До недоліків латуней відноситься їхня схильність до корозійного розтріскування, що відбувається у вологій атмосфері при збереженні в металі після його деформації залишкових напружень. Розтріскування відбувається через корозію латуней по межах зерен у зонах нерівномірного розподілу залишкових напружень. Це особливо характерно для сплавів з вмістом цинку більше 20 %, тобто для розплавленого зразка контактного затискача.

Для усунення схильності латуней до корозійного розтріскування досить відпалити деформований напівфабрикат виробу при температурах, нижчих за температуру рекристалізації цього металу. Звичайні температури відпалу латуней – 270-300 °С. Після відпалу вони стають нечутливими до впливу вологості атмосфери. Але при наступному навантаженні чутливість до корозійного розтріскування поновлюється.

Тимчасовий опір розриву латуней ефективно підвищують алюміній, олово і, меншою мірою, марганець. Домішки свинцю призводять до зниження міцності латуней. Відносне подовження збільшується при введенні заліза і марганцю. Всі інші елементи зменшують відносне подовження латуней. Алюміній і марганець, олово і нікель, фосфор і кремній підвищують їх корозійну стійкість.

Майже усі легуючі та домішкові елементи сплавів, які досліджувалися, знижують питому електропровідність виготовлених з них виробів. Наприклад, підвищення вмісту цинку з 14,5 % до 37,88 % (див. табл. 4) знижує електропровідність більше ніж на 10 %. Збільшення у сплаві концентрації марганцю, заліза, олова та алюмінію на значення вказані в таблиці 4 зменшує цей показник на 2 %, стосовно кожного окремого вищезгаданого елемента. Означене зменшення електропровідності має кумулятивний ефект. Елементи, що утворюють із міддю тверді розчини, найбільш сильно знижують її електропровідність (закон Курнакова). До числа елементів, що найбільш сильно знижують електропровідність міді, відносяться фосфор і кремній.

Аналізуючи хімічний склад сплавів (табл. 4) також необхідно зазначити, що сплав розтріснутого зразка контактного затискача (перший і другий номери в таблиці) не задовольняє вимогам відповідного ГОСТу до мідно-цинкових сплавів (латуней) [3] за сумарною концентрацією олова та кремнію і перевищує цей показник в шість разів, або на 600 % (відносних).

Таким чином, доведено, що в комутуючих пристроях електричних кіл локомотивів використовуються деталі, хімічний склад яких не відповідає вимогам діючих стандартів, що викликає випадки пожеж на цих рухомих одиницях. Таких негативних наслідків можна зазнати в результаті роз'єднання постійних електричних контактів в електричних ланцюгах локомотивів у процесі їх циклічних механічних навантажень під час експлуатації.

Автори роботи пропонують впровадження додаткових сигнальних та контрольних систем для попередження руйнування електричних ланцюгів і виникнення пожеж в локомотивах на ранніх стадіях розвитку несправностей, а також внесення до інструкцій з експлуатації вимог щодо додаткового технічного огляду систем попередження руйнування та займання локомотивів. Контролююча система, що пропонується, реагує на перевищення критичної температури для кожного окремого вузла електричної схеми локомотива, де є найбільша вірогідність виникнення короткого замикання та електричної дуги. Необхідно також відмітити, що навіть напряду не пов'язані із станом електричних кіл локомотивів

випадки їх пожеж, так чи інакше, супроводжуються тепловим перегрівом силових елементів [8].

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати:

1. При побудові локомотивів неухильно дотримуватися вимог їх технічної документації.

2. У регламентні роботи з технічного діагностування тягового рухомого складу для продовження строку його експлуатації [6, 7, 9] внести додаткові роботи з діагностування температурного стану контакторних та резисторних груп, що допоможе попередити їх передчасний вихід із ладу та виникнення пожеж на локомотивах.

Висновки

1. Теоретичний, нормативно-технічний, візуальний, металографічний, спектральний та рентгеноспектральний аналізи пошкоджених зразків контактних затискачів, а також аналіз стану електричних схем локомотивів дозволяють зробити попередні висновки щодо можливостей виникнення пожеж на даній рухомій одиниці.

2. Дослідження хімічного складу зразків контактних затискачів локомотивів показало, що жоден з застосованих при їх виготовленні металевих сплавів не відповідає вимогам діючої технічної документації на цей виріб.

4. Аналіз і дослідження стану електричної схеми електровоза ВЛ-80к показало, що одночасне синхронне підвищення опору на контактних затискачах 01 і а1 у електросхемі цього локомотива сприяє тому, що блок диференційних реле БРД не спрацьовує, як захисний вимикач електричного струму, та не може попередити виникнення пожежі.

5. Невідповідність хімічного складу матеріалу контактних затискачів електровозу ВЛ-80к його технічній конструкторській документації може спричинити позапланове спрацювання блоку диференційних реле БРД на відключення струму в процесі експлуатації, що може викликати аварійну ситуацію та стати причиною виникнення пожежі на електровозі, яка впливає на безпеку руху поїздів та може стати причиною техногенної аварії без людських жертв, так і із загибеллю людей на транспорті.

6. Пропонована система попередження пожеж на локомотивах не дублює, а доповнює існуючі протипожежні захисні системи.

7. Великі фінансові втрати, пов'язані з виникненням пожеж тягового рухомого складу потребують невідкладного впровадження додаткових ефективних систем протипожежної безпеки, спрямованих, в першу чергу, на попередження аварійних ситуацій такого характеру.

Література

1. Шимко В. Бюрократи створили дефіцит / газета «Магістраль» № 33 від 1-7 травня 2013 р – С. 11.

2. Морозов В.Н. Безопасность движения поездов / В. Н. Морозов Тринадцатая научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов» Труды 18-19 октября 2012 г., Москва, Россия. – С. 1-4.

3. ГОСТ 15527-2004. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки. Дата введения 2005-07-01 - 6 с.

4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1983. –359 с.

5. Лившиц Б.Г. Металлография / Б.Г. Лившиц – М.Металлургия, 1990. – 336 с.

6. Электровоз ВЛ80к. Руководство по эксплуатации - М., «Транспорт», 1978. – 432 с.

7. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів) : На-

каз Мін. трансп. та зв'язку України від 30.06.2010 р. № 093. – Київ : Укрзалізниця, 2010. – 25 с.

8. Горобець В.Л., Дослідження причин передчасного руйнування колінчастого валу тепловозу 2ТЕ116 / В.Л. Горобець, В.В. Коваленко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету імені академіка В. Лазаряна № 4(76), 2018. – С. 101-110.

9. Пат.112526 Україна МПК: G08B17/10, Система захисту електричних ланцюгів тягового рухомого складу / Коваленко В.В., Горобець В.Л., Заяць Ю.Л. та інш. (Україна) ; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – № u201605128; заявл. 11.05.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. № 24/2016. – 5 с.

10. <https://biz.censor.net.ua/r3044084>

11. Кінцевий звіт «Дослідження технічного стану контактних затискачів пошкодженого локомотиву ВЛ-80к, № 48, побудови КВЗ 1964 року» ДНУЗТ на замовлення Службі локомотивного господарства Південної залізниці, відокремлений підрозділ «Локомотивне депо Гребінка» за запитним листом № 064 від 15.05.2013 р. - 33 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Горобець Володимир Леонідович,

завідувач кафедри «Безпека життєдіяльності», д.т.н., професор

Дніпропетровського національного університету

залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010.

Тел.: +38 056 793 19 08.

E-mail: vgor5650@gmail.com;

ORCID 0000-0002-6537-7461

Коваленко Валентина Володимирівна,

к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник ГНДЛ

«Технології та системи безпеки на транспорті»

кафедри «Безпека життєдіяльності»

Дніпропетровського національного університету

залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010.

Тел.: +38 050 489 07 72.

E-mail: kovalenkovv@upp.diit.edu.ua;

ORCID 0000-0002-1196-7730

РЕФЕРАТ

УДК 621.436:526

Работа направлена на выявление причин пожаров на локомотивах, на примере электровоза ВЛ-80к и анализ других случаев пожаров. Приведенные результаты исследований полученных путем аналитического и химического анализа деталей электровоза, которые стали первичными причинами воспламенения трансформаторного масла на локомотиве и полного выгорания его секции.

Ключевые слова: локомотивы, электровоз ВЛ-80к, зажимы контактов, трансформаторное масло, преждевременное разрушение, пожар, химический состав.

ABSTRACT

Purpose. The work is aimed at identifying the causes of the fire on the locomotive VL-80K and analysis of other fires. **Method.** Applied macrostructural, fractographic, analytical analyzes. **Results.** In this work, by analyzing the state of electric locomotive details, the primary causes of ignition of transformer oil and the complete burnout of the electric locomotive section were discovered. In the course of the research, it was discovered that at the same time, the destroyed contact clamps had a chemical composition that was not in accordance with the design and technical documentation. A similar fire may occur due to the weakening of the vibration of the locomotive power circuits. **Scientific novelty.** In the work the complex analytical and technical approach is used to identify the causes of the fire on the electric line VL-80K. The introduction of predicting signaling factors for supernumerary heating of investigated and other relevant details and locomotive structures will prevent the occurrence of fires on locomotives and identify in a timely manner not only the mismatch of the chemical composition of the parts of the design documentation, but also to detect gaps in electrical circuits connections, which were formed either at the expense of the initial insufficient tightening, or the weakening of the connections during the vibration during the movement of locomotives. **Practical significance.** The proposed additional signaling will contribute not only to the collection of the locomotive fleet of Ukrzaliznytsia PJSC, but also to the rescue of locomotive brigades.

Key words: locomotives, electric locomotive VL-80k, contact clips, transformer shaft-back, premature destruction, fire, chemical composition.

References:

1. Shymko V. Byurokratystvorylydeficyt [Shimko V. Thebureaucratshavecreated a deficit] / gazeta «Magistral» № 33 vid 1-7 travnya 2013 r – p. 11.
2. MorozovV.N. Bezopasnost dvizheniya poezdov [MorozovV. N. Traintrafficsafety] /V.N.Morozov Trinadtsataya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Bezopasnost dvizheniya poezdov» Trudyi 18-19 oktyabrya 2012 g. ,Moskva, Rossiya. – pp. 1-4.
3. GOST 15527-2004 Splavyi medno-tsinkovyye (latuni), obrabatyivaemyie davleniem. Marki. [GOST 15527-2004 Pressure-treated copper-zinc (brass) alloys. Stamps] Data vvedeniya 2005-07-01 - 6 p.
4. LahtinYu.M. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka. [LakhtinYu. M. Metal science and heat treatment.] /Yu.M. Lahtin – M.: Mashinostroenie, 1190. –528 p.
5. Livshits B. G. Metallografiya. [Livshits B.G. Metallography]/B.G. Livshits – M.Metallurgiya, 1990. – 336 p.
6. Elektrovoz VL80k. Rukovodstvo po ekspluatatsii [Electric locomotive VL80k. Manual] M., «Transport», 1978. – 432 p.
7. Polozhennya pro planovo-poperedzhuvalnu system remontu i texnichnogo obslugovuvannya tyagovogo ruxomogo skladu (elektrovoziv, teplovoziv, elektrotadyzel-poyizdiv) [Regulations on the plannedandpreventivesystemofrepairandmaintenanceofthetractionrollingstock (electric locomotives, diesel locomotives, electricand diesel trains] Nakaz M-va transp. Tazvyazku Ukrainy vid 30.06.2010 r. № 093. – Kyiv : Ukrzaliznycya, 2010. – 25 p.

8. Gorobecz V. L. Doslidzhennya prychyn peredchasnogo rujnuvannya kolinchastogo valu teplovozu 2TE116 [Gorobets V L, Investigation of the reasons for the premature destruction of the crankshaft locomotive 2TE116] V. L.Gorobecz, V.V. Kovalenko // Nauka ta progress transportu Visnyk Dnipropetrovskogo nacionalnogo universytetu imeni akademika V. Lazaryana» № 4(76), 2018 p. 101-110.

9. Patent 112526 Ukrayina MPK: G08B17/10, Systema zaxystu elektrychnyx lancyugiv tyagovogo ruxomogo skladu [The system of protection of electric chain of traction rolling stock application] /Kovalenko V.V., Gorobets V.L., Zayats Y.L. tainsh. (Ukrayina) Applicant and patent holder Dnipropetrovsk National University of Railway Transport to them. acad. V. Lazaryan. – zayavkau 201605128 vid 11.05.2016: opubl. 26.12.2016 r.; byul. № 24/2016 – 5 p.

10. <https://biz.censor.net.ua/r3044084>

11. Kintsevuy zvitir «Doslidshennya tehnicnogo stany kontaktnykh zatyskachiv poshkodshenogo lokomotyvu VL-80k, № 48, pobudovy KVZ 1964 roku» DNUZT na zamovlennya slushbu lokomotivnogo gospodarstva Pivdennoy zaliznytsi VP “Lokomotyvne depo Grebyonka” za zapytnym lystom № 064 vid 15.05.2013 r. - 33 s.