

Р.М. ШИДЛОВСЬКИЙ¹ (ЛКТІ), М.О. БАБ'ЯК² (ЛФ ДНУЗТ), В.В. АРТЕМЧУК³ (ДНУЗТ)

¹Львівський коледж транспортної інфраструктури Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Снопківська, 47, 79011, м. Львів, Україна, тел.: +38 (096) 21-838-12, ел. пошта: shydlovskiy@email.ua, ORCID: orcid.org/0000-0002-3499-0861

²Каф. «Транспортні технології», Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. І. Блажкевич, 12^а, 79052, м. Львів, Україна, тел.: +38 (097) 907-50-72, ел. пошта: babik@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0001-5125-9133

³Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2, тел.: +38 (067) 565-98-03, ел. пошта: art_vv@ukr.net, ORCID: orcid.org/0000-0002-6056-5834

СУЧАСНИЙ СТАН НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Вступ

Головне завдання транспорту полягає в повному і своєчасному задоволенні потреб промисловості і населення в перевезеннях, підвищення ефективності та якості роботи транспортної системи. Для досягнення мети серед багатьох завдань є, зокрема, підвищення рівня використання і надійності роботи електрорухомого складу на залізницях. Ефективність електричної тяги повинна зростати не тільки внаслідок створення нових потужних електровозів, але й поліпшення тягових, гальмівних, динамічних і техніко-економічних характеристик існуючого електрорухомого складу постійного і змінного струму, а також підвищення його надійності.

Постановка проблеми

Одним з основних завдань щодо забезпечення функціональності рухомого складу України є оновлення та модернізація залізничного рухомого складу з метою збільшення його строку служби, підвищення безпеки та швидкості руху [1].

Магістральними електровозами виконується близько 82% вантажних і 70% пасажирських перевезень у прямому та місцевому сполученнях, тому їх наявність у потрібній кількості відіграють у перевізному процесі ключову роль [2].

На даний час відзначається істотне старіння експлуатованого парку електровозів. У найближчі кілька років залізниці будуть змушені забезпечувати перевезення вантажо- і пасажиропотоків без збільшення і помітного оновлення парку тягового рухомого складу.

Експлуатація морально застарілого рухомого складу з низькими динамічними властивостями є однією з причин недостатнього рівня безпеки руху поїздів і високих експлуатаційних витрат, обумовлених збільшенням витрат на ремонтні

роботи, а також підвищенням споживання енергії на тягу поїздів.

У процесі експлуатації електровозів змінюються їх характеристики, які пов'язані із зносом контактуючих поверхонь вузлів тертя, втратою характеристик демпферів, гумових і гумометалевих деталей, зі зміною передбачених конструкцією зазорів, що, як правило, призводить до неконтрольованого зростання показників динаміки, збільшення динамічної напруженості основних несучих елементів екіпажу, обмеження швидкості руху локомотивів.

Експлуатація рухомого складу за межами призначеного терміну служби веде не тільки до погіршення показників експлуатаційної надійності, але і до зростання витрат на його утримання. В якості тимчасового заходу на період відсутності розвиненого виробництва необхідно проводити модернізацію з продовженням терміну служби на ремонтних заводах. У зв'язку з цим великий інтерес представляє можливість удосконалення показників динамічних якостей електровозів ВЛ10, ВЛ11м і ВЛ80т, які мають уніфіковану механічну частину.

При цьому надзвичайно актуальними є завдання збереження, а в більшості випадків поліпшення його експлуатаційних характеристик. Виходячи з реального стану економіки України в умовах жорсткої економії коштів питання оновлення тягового рухомого складу не стоїть на першому плані, а першочерговим є модернізація тягового рухомого складу з метою збільшення його строку служби.

Це питання актуальне і для Львівської залізниці, про що свідчить модернізація електровозів ВЛ11м на Львівському локомотиворемонтному заводі. Збереження існуючого тягового рухомого складу, підтримання його в працездатному стані шляхом дотримання вимог Положення [3],

Правил ремонту – завдання першочергове для служби локомотивного господарства.

На жаль, з кожним роком збільшується кількість позапланових ремонтів електровозів здебільшого з причин неякісного виконання ремонту і передчасного зношування вузлів та агрегатів. Виходячи з Аналізу стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві Львівської залізниці за 2014-2015 рр.[4] (табл. 1), очевидно, що найбільшу кількість позапланових ремонтів становлять електровози, постановка яких на позаплановий ремонт викликана несправностями механічної частини – колісних пар та іншого меха-

нічного обладнання. Тому актуальним є розробка заходів, що дозволяють домогтися збільшення терміну служби елементів механічної частини локомотива. Нажаль, утримання механічної частини електровозів у справному стані не завжди виконується. Так, при експлуатації на ділянках колії із підвищеним зношуванням гребеня необхідно звертати увагу на утримання протівідносних пристроїв та коліскового підвішування (рис. 1, рис. 2), оскільки порушення норм їх утримання погіршує умови вписування в криві ділянки колії, а, відповідно, і зношування гребеня бандажа.

Таблиця 1

Дані постановки електровозів на позаплановий ремонт

Депо	Усього		В тому числі							
			ТЕД	Допоміжні машини	Електричні апарати	Мех. обладнання	Компресори	Автогальмівні прилади	Прилади безпеки	Інші
	2015	2014	2015/2014	2015/2014	2015/2014	2015/2014	2015/2014	2015/2014	2015/2014	2015/2014
Львів-Захід	42	64	3/10	0/4	3/17	12/14	1/2	0/2	2/2	21/13
Мукачеве	107	246	3/34	6/11	15/49	60/113	1/5	1/0	2/2	19/32
Залізниця	149	310	6/44	6/15	18/66	72/127	2/7	1/2	4/4	40/45
Різниця 2015/2014 рр.	-161		- 38	- 9	- 48	- 55	- 5	- 1	0	- 5

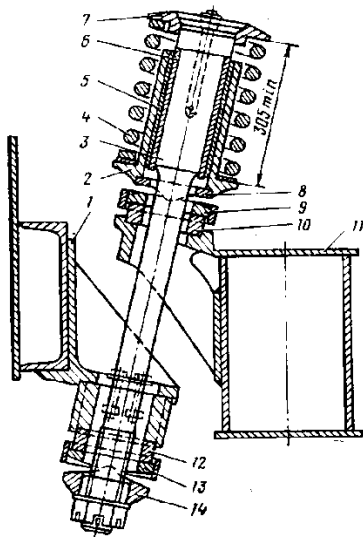


Рис. 1. Конструкція коліскового підвішування кузова електровозів серій ВЛ11м, ВЛ80:

1 – кронштейн рами кузова; 2 – направляючий стакан; 3 – стержень підвішування; 4 – пружина; 5 – захисна втулка стакану; 6 – облицювальна втулка стержня; 7 – грибоподібна верхня опора пружини; 8 – опора верхнього шарніра; 9 – прокладка верхнього шарніра; 10 – нижня опора верхнього шарніра; 11 – боковина рами візка; 12, 14 – опори нижнього шарніра; 13 – прокладка нижнього шарніра



Рис. 2. Коліскове підвішування кузова електровозів серій ВЛ11м, ВЛ80

Огляд літератури

У роботах Мілованова А.А. досліджено вплив конструкції механічної частини електровозів, а саме – вузлів зв'язку візка з кузовом на інтенсивність зношування гребеня бандажа та запропоновано способи їх модернізації [5]. Однак, не тільки даний вузол впливає на зношування гребеня бандажа – механічна частина працює в комплексі. Шляхи зменшення цієї проблеми необхідно досліджувати.

Викладення основного матеріалу

Особливість кінематичної схеми коліскового підвішування – наявність декількох джерел виникнення сил поперечного напрямку, що призводять до поступового зміщення стержня до зіткнення з елементами верхнього шарніра [6]. При стисканні витой пружини завжди спостерігається явище угону, тобто прагнення одного упорного кінця пружини зміститися в поперечному напрямі відносно іншого. У цій конструкції це призводить до вибірки поперечних проміжків між втулками і притиснення їх один до одного з неконтрольованим зусиллям T_1 (рис. 3).

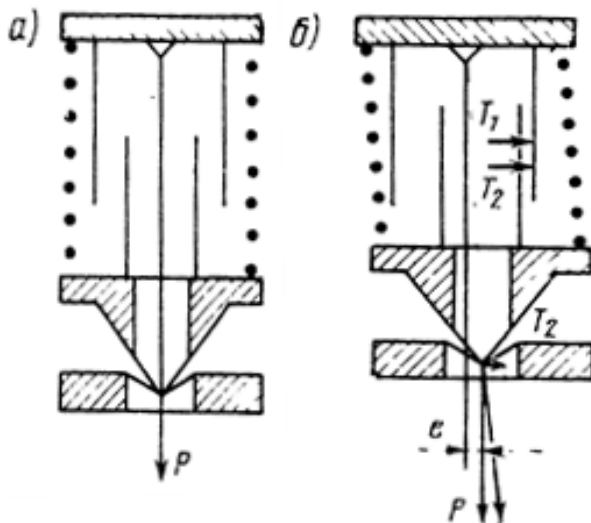


Рис. 3. Схеми навантаження елементів коліскового підвішування

Зважаючи на те що пружина працює на стискання, вона, подібно до маятникової опори, має негативну складову поперечної жорсткості, що прагне зміщувати верхню опору відносно стержня в поперечному напрямі.

При довжині пружини в стислому стані 300 мм це зусилля T_2 складає приблизно 200 Н на 1 мм поперечного зміщення; воно

додається до сили T_1 притискаючої втулки. Сила тертя між втулками істотно загрублює пружний зв'язок кузовної ступені підвішування і погіршує вертикальну плавність ходу локомотива. Одночасно сила T_2 і момент, що створюється нею постійно навантажують усі суміжні опорні поверхні, викликаючи їх поступове зношування, що супроводжується ростом сили T_2 у міру збільшення початкового зміщення e .

Втулки коліскового підвішування (а також маятникової підвіски ТЕД, стійок ресорного підвішування, корпусів букс для кріплення валика ресорного підвішування) мають бути із високомарганцевистої зносостійкої сталі 110Г13Л (сталь Гадфільда). Висока в'язкість і, одночасно, спроможність зміцнюватись, надають цій сталі стійкість проти зношування, що задовольняє умовам надійності ЕРС в експлуатації. Проте, при відсутності втулок із сталі 110Г13Л у локомотивних депо дозволяється втулки виготовляти із листів ресорної сталі 55С2, 60С2, 60С2А ГОСТ 14959-79 – листи після нагріву гнуть і зварюють стиковим швом, після цього – обробляють до розмірів у кресленні.

Можливе також виготовлення втулок із сталі 45 з подальшою механічною обробкою.

Як наслідок, елементи коліскового підвішування піддаються надмірному зношуванню, а також отримують різного виду пошкодження (рис. 4, 5).

Системи з колісковим механізмом отримали широке застосування, у тому числі і для швидкісного рухомого складу. Це пояснюється порівняльною простотою виготовлення і обслуговування коліскового механізму, стабільністю його характеристик.

У той же час наявність кінематичних пар з поверхневим тертям, а отже, зношуванням, велике число і значна вага деталей, неможливість зменшення вертикального габаритного розміру коліскового механізму, що утрудняє компонування візків, все частіше примушують відмовлятися від цього рішення.

Перспективним в експлуатації може стати використання втулок із полімерних антифрикційних композиційних матеріалів, що містять в якості волокнистого наповнювача скловолокно та/або вуглецеве волокно. [7, 8]. Це дозволить знизити коефіцієнт тертя та зменшити знос поверхонь тертя, що, в свою чергу, підвищить термін служби втулок.



Рис. 4. Пошкодження стержнів і втулок коліскового підвішування кузова електровозів серій ВЛ11М, ВЛ80:
а) стержень із новими втулками; б) стержень із надмірнозношеною втулкою та зношенням тіла стержня; в) зношення втулок стержня



Рис. 5. Пошкодження втулок стержня коліскового підвішування кузова електровозів серій ВЛ11М, ВЛ80

Висновки

На даний час підприємствам локомотивного господарства залізниць, що експлуатують електровози ВЛ10, ВЛ11м і ВЛ80т у експлуатації необхідно ретельно підбирати антифрикційні матеріали із достатнім запасом міцності, зносостійкості, високою контактною витривалістю, високою корозійною стійкістю і забезпечувати при монта-

жі мінімальне початкове зміщення поверхонь тертя. Зміцнення поверхонь втулок, змащування елементів тертя, правильне регулювання підвішування з дотриманням зазорів, використання нових типів матеріалів дозволяють збільшити довговічність вузлів, що у свою чергу дозволить продовжити термін експлуатації електрорухомого складу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року: [схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. N 2174-р]. – [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>
2. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 ро-

REFERENCES

1. Transportna stratehiya Ukrayiny na period do 2020 roku [Transport Strategy of Ukraine till 2020 year]. Cabinet of Ministers of Ukraine, 2010. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>
2. Kompleksna prohrama onovlennya zaliznychnoho rukhomoho skladu Ukrayiny na 2008-2020 roky [Comprehensive program update railway

ки[схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27серпня 2008 р. N 1155-р]. – Київ: Міністерствотранспорту та зв'язку України, Укрзалізниця, 2009. – 300 с.

3. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів): [наказ Укрзалізниці N 429Ц/од від 15.10.2015р.]. – Київ: Міністерство інфраструктури України, Укрзалізниця, 2015.

4. Аналіз стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві Львівської залізниці за 2014-2015 р.р. – Львів: Львівська залізниця, 2015.

5. Милованов А.А. Повышение эксплуатационной эффективности люлежного подвешивания локомотивов применением опорных сферических шарниров: автореф. дис. канд. тех. наук: /Милованов Алексей Алексеевич; Иркутский государственный университет путей сообщения. – Иркутск, 2004. Режим

доступа:

<http://www.dissercat.com/content/povyshenie-ekspluatatsionnoi-effektivnosti-lyulechnogo-podveshivaniya-lokomotivov-primenenie#ixzz4CL2Mu5ED>

6. Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник для вузов ж.-д. трансп./И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак и др.; Под ред. И. В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.

7. Патент 2441787 С1, RU МПК B61H 13/34, F16C 33/04. Втулка рычажной тормозной системы рельсового транспорта /Литвиненко А. В., Южалин Д.С., Южалин С.Н. (RU) – № 2010137691/11; заявл. 09.09.2010; опубл. 10.02.12, Бюл. №4. – [Електрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/images/patents/17/2441787/patent-2441787.pdf>

8. Патент 2499921 С1, RU МПК F16C 33/04, F16C 33/12, B61H 13/34. Втулка рычажной тормозной системы рельсового транспорта /Коломиец Т. В., Марьин Э. В., Моторин С.В., Озолин А. А. (RU) – № 2012130413/11, заявл. 23.07.2012; опубл. 27.11.13, Бюл. №33. – [Електрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/images/patents/497/2499921/patent-2499921.pdf>

Надійшла до друку 02.12.2016.

Внутрішній рецензент *Горобець В. Л.*

Зовнішній рецензент *Лагодич В. М.*

У статті розглянуто причини постановок електровозів на позапланові ремонти по Львівській залізниці, причини зношування вузлів механічної частини електровозів, конструктивні особливості та особливості кінематичної схеми коліскового підвішування електровозів. Розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11М, ВЛ80.

Ключові слова: механічна частина електровозів; зношення гребеня бандажа; ресорне підвішування електровозів.

rolling stock Ukraine in 2008-2020 years]. Kyiv, Ministry of Transport and Communications of Ukraine, Ukrzaliznytsia, 2009. – 300 p.

3. Polozhennya pro planovo-poperedzhuval'nu systemu remontu i tekhnichnoho obsluhovuvannya tyahovoho ta motorvahonnoho rukhomoho skladu (elektrovoziv, teplovoziv, elektro ta dyzel'-poyizdiv). [The provisions of the planned warning system repair and maintenance of traction and motor-wagon rolling stock (locomotives, diesel locomotives, electric and diesel trains)]. Kyiv, Ministry of Infrastructure of Ukraine, Ukrzaliznytsia, 2015.

4. Analiz stanu bezpeky rukhu poyizdiv v lokomotyvnomu hospodarstvi L'vivs'koyi zaliznytsi za 2014-2015 r.r. [Analysis of traffic safety in the locomotive department of Lviv railway for 2014-2015 years]. Lviv, Lviv Railway, 2015.

5. Milovanov A.A. Povyshenie ekspluatatsionnoy effektivnosti lyulechnogo podveshivaniya lokomotivov primeneniem opornyih sfericheskikh sharnirov. Avtoreferat Diss. [Increase operational efficiency cradle suspension locomotives using the reference spherical joints]. Irkutsk, 2004. Available at: <http://www.dissercat.com/content/povyshenie-ekspluatatsionnoi-effektivnosti-lyulechnogo-podveshivaniya-lokomotivov-primenenie#ixzz4CL2Mu5ED>

6. Birjukov I. V., Savos'kin A. N., Burchak G. P. Mehanicheskaya chast' t'govogo podvizhnogo sostava [Mechanical parts traction rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1992. 440 p.

7. Litvinenko A. V., YUjalin D.S., YUjalin S.N. Vtulka ryichajnoy tormoznoy sistemy rel'sovogo transporta [Bushing brake lever rail transport] Patent RU no. 2441787 S1, 2010. Available at: <http://www.freepatent.ru/images/patents/17/2441787/patent-2441787.pdf>

8. Kolomiets T. V., Marin E. V., Motorin S.V., Ozolin A. A. Vtulka ryichajnoy tormoznoy sistemy rel'sovogo transporta [Bushing brake lever rail transport] Patent RU no. 2499921 S1, 2012. Available at: <http://www.freepatent.ru/images/patents/497/2499921/patent-2499921.pdf>

УДК 629.423

Р.М. ШИДЛОВСКИЙ¹ (ЛКТИ), Н.А. БАБЯК² (ЛФ ДНУЖТ), В.В. АРТЕМЧУК³ (ДНУЖТ)

¹ Львовский колледж транспортной инфраструктуры Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, г. Львов, ул. Снопковская, 47, 79011, Украина, тел.: +38 (096) 21-838-12, эл. почта: shydlovskiy@email.ua, ORCID: orcid.org/0000-0002-3499-0861

² Каф. «Транспортные технологии», Львовский филиал Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. И.Блажкевич, 12^а, 79052, г. Львов, Украина, тел.: +38 (097) 907-50-72, эл. почта: babik@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0001-5125-9133

³ Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 49010, г. Днипро, ул. Лазаряна, 2, тел.: +38 (067) 565-98-03, эл. почта: art_vv@ukr.net, ORCID: orcid.org/0000-0002-6056-5834

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

В статье рассмотрены причины постановок электровозов на внеплановые ремонты по Львовской железной дороге, причины износа узлов механической части электровозов, конструктивные особенности и особенности кинематической схемы колыбельного подвешивания электровозов. Разработаны рекомендации по повышению эксплуатационных характеристик и надежности механической части электровозов серий ВЛ10, ВЛ11М, ВЛ80.

Ключевые слова: механическая часть электровозов; износ гребня бандажа; рессорное подвешивание электровозов.

Внутренний рецензент *Горобец В. Л.*

Внешний рецензент *Лагодич В. М.*

UDC 629.423

R.M. SHYDLOVSKYI¹ (LCTI), M.O. BABYAK² (LB DNURT), V.V. ARTEMCHUK³ (DNURT)

¹ Lviv College of transport infrastructure of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 47, Snopkivska Street, Lviv, Ukraine, 79011, tel.: +38 (096) 21-838-12, e-mail: shydlovskiy@email.ua, ORCID: orcid.org/0000-0002-3499-0861

² Department of "Transportation Technology", Lviv branch of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 12^a, I. Blajevych Street, Lviv, Ukraine, 79052, tel.: +38 (097) 907-50-72, e-mail: babik@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0001-5125-9133

³ Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryan Street, Dnipro, Ukraine, 49010, tel.: (056) 793-19-11, e-mail: art_vv@ukr.net, ORCID: orcid.org/0000-0002-6056-5834

CURRENT STATE RELIABILITY OF THE ELEMENTS OF MECHANICAL PARTS FREIGHT LOCOMOTIVES

The article examines the reasons statements of electric locomotives on unplanned repair in Lviv railway, causes wear of the mechanical units of electric locomotives, features and characteristics of the kinematic scheme cradle suspension locomotives. Designed recommendations to improve the performance and reliability of the mechanical part of the series electric locomotives VL10, VL11M, VL80.

Keywords: electric transport; power recuperation; dispersed power supply; zone recovery; the voltage at the poles.

Internal reviewer *Gorobets V. L.*

External reviewer *Lagodych V. M.*