

УДК 629.424

О. А. Логвіненко, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Механіка і проектування машин», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

М. Б. Чубикало, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ СУЧАСНОГО ТЯГОВОГО ТА МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Розглянуто проблеми реформування залізничного транспорту України. Обґрунтовано актуальність оновлення залізничного рухомого складу. Відмічено, що одним із пріоритетних напрямів розвитку залізниць є досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу на залізничному транспорті. Вищевказане досягнення пов'язане з рішенням завдань щодо забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик і надійності систем сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу, які визначають безпеку руху поїздів. Виділено, що головна роль серед таких систем належить системам повітропостачання. Розглянуто особливості систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу, а також подані відповідні їх структурні схеми. Зазначена доцільність проведення робіт в напрямі удосконалення зазначених систем з метою підвищення техніко-економічних показників рухомого складу і перевізного процесу на залізничному транспорті України в цілому.

Ключові слова: залізничний транспорт, рухомий склад, перевізний процес, техніко-економічні показники, система повітропостачання.

Рассмотрены проблемы реформирования железнодорожного транспорта Украины. Обоснована актуальность обновления железнодорожного подвижного состава. Отмечено, что одним из приоритетных направлений развития железных дорог является достижение высоких технико-экономических показателей перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Вышеуказанное достижение связано с решением заданий по обеспечению необходимых эксплуатационных характеристик и надёжности систем современного тягового и моторвагонного подвижного состава, которые определяют безопасность движения поездов. Выделено, что главная роль среди таких систем отводится системам воздухопостачання. Рассмотрены особенности систем воздухопостачання современного тягового и моторвагонного подвижного состава, а также представлены соответствующие их структурные схемы.

Отмечена целесообразность проведения работ в направлении усовершенствования указанных систем с целью повышения технико-экономических показателей подвижного состава и перевозочного процесса на железнодорожном транспорте Украины в целом.

© Логвіненко О. А., Чубикало М. Б., 2016

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, подвижной состав, перевозочный процесс, технико-экономические показатели, система воздухообеспечения.

Постановка проблеми. Однією складовою транспортної системи України є залізничний транспорт, який здійснює перевезення вантажів і пасажирів по рейкових шляхах. Йому належить перше місце в перевезенні пасажирів (пасажирообороті) і друге (після трубопровідного) – в перевезенні вантажів (вантажообороті). Залізничний транспорт – це велике багатогалузеве господарство, яке формують залізничні колії, залізничні станції, підприємства з обслуговування залізничних колій, локомотивів, вагонів тощо. Діяльність залізничного транспорту як частини єдиної транспортної системи країни сприяє нормальному функціонуванню всіх галузей суспільного виробництва, соціальному і економічному розвитку та зміцненню обороноздатності держави, міжнародному співробітництву країни.

До останнього часу потреби економіки і населення у перевезеннях забезпечували залізниці. Це досяглося, в основному, завдяки надлишку технічних потужностей, створених ще за часів СРСР за рахунок централізованого бюджетного фінансування. Проте на сьогодні технічний ресурс залізниць практично вичерпаний. Через катастрофічну зношеність рухомого складу, невідповідність між придбанням і списанням вантажних вагонів та локомотивів існує загроза незабезпечення залізничним транспортом у подальшому потреб економіки України в перевезеннях. Неспроможність залізниць задовольнити потребу в перевезеннях негативно вплине на конкурентоспроможність вітчизняних залізничних перевізників, а також на всю економіку України та її національну безпеку.

У комплексному вирішенні вищезазначеної нагальної проблеми, оновлення залізничного рухомого складу і проведення капітальних ремонтів з подовженням терміну експлуатації та модернізація існуючого рухомого складу можуть розглядатися не більше ніж допоміжні заходи для деяких видів (переважно локомотивів) і типів рухомого складу. Таким чином пріоритетом в оновленні рухомого складу має стати забезпечення залізниць України рухомим складом переважно нового покоління, що дозволить покращити техніко-економічні показники діяльності залізничного транспорту, поліпшити безпеку та зручність перевезень, підвищити конкурентоспроможність залізниць України, зробити ривок у підвищенні ефективності роботи галузі [1-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що вирішення вищевказаного завдання вимагає комплексу заходів щодо оновлення рухомого складу та розробки прогнозів діяльності залізничного транспорту. Для забезпечення високих техніко-економічних показників тягового та моторвагонного рухомого складу сучасного й перспективного покоління необхідне використання в їх конструкціях нових технічних рішень і матеріалів, що відповідають сучасним вимогам експлуатації та вимогам на віддалену перспективу. У зв'язку з цим постановою Кабінету Міністрів України була затверджена державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 1010-1019 рр., схвалена розпорядженням Транспортна стратегія України на період до 2020 року, а також затверджена наказом Міністерства транспорту та зв'язку України комплексна програма оновлення рухомого складу на 2008-2020 рр. [6-8]. Відповідно до їх основних положень одним із пріоритетних напрямів розвитку залізниць є досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу на залізничному транспорті України. Це пов'язане з рішенням завдань щодо забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик і надійності систем сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу, які визначають безпеку руху поїздів [9-11]. Серед таких систем основна роль відводиться системам повітропостачання, які функціонально пов'язані з гальмівною, електропневматичною, пісочною системами, а також відповідними допо-

міжними приладами. Тому роботи скеровані на удосконалення зазначених систем слід вважати актуальними.

Метою статті є розгляд особливостей систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу залізниць України, а також обґрунтування доцільності їх удосконалення.

Викладення основного матеріалу. В забезпеченні високих вимог до безпеки руху при здійсненні залізничних перевезень [6-8] з використанням тягового та моторвагонного рухомого складу (РС) визначальну роль відіграють системи повітропостачання, які доцільно розглядати як сукупність взаємопов'язаних пневмоагрегатів, пристроїв, приладів, повітропроводів і споживаючих стисле повітря відповідних пневмосистем – гальмової, електропневматичної та ін. Найвідповідальнішою складовою систем повітропостачання сучасного РС є гальмова система.

Правилами технічної експлуатації залізниць України [12] встановлено, що РС повинен бути обладнаний автоматичними гальмами, а пасажирські вагони і локомотиви, окрім того, електропневматичними гальмами. Відповідно до встановлених Державною адміністрацією залізничного транспорту України норм [13] автоматичні гальма повинні задовольняти таким вимогам:

- бути надійними і керованими;
- забезпечувати плавність гальмування;
- забезпечувати зупинку поїзда у разі розриву повітропроводу або при відкритті стоп-крана;
- дотримуватись визначеного гальмівного натискання.

Нині на тяговому та моторвагонному рухомому складі застосовуються п'ять типів гальм: зупинні, пневматичні, електропневматичні, електромагнітні та електричні. Кожен тип гальм у свою чергу ділиться на групи, підгрупи і за призначенням – на вантажні, пасажирські і високошвидкісні. Класифікація існуючих систем гальм наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Класифікація систем гальм тягового та моторвагонного рухомого складу

Зупинні	Пневматичні	Електропневматичні	Електромагнітні	Електричні
ручні	неавтоматичні прямодіючі	неавтоматичні прямодіючі	фрикційні магніто-рейкові	реостатні
				рекуперативні
автоматичні	автоматичні: прямодіючі, непрямодіючі	автоматичні	на вихрових струмах: рейкові, дискові	рекуперативно-реостатні
				реверсивні
				динамічні

Аналіз науко-технічної літератури [14-16] дозволив зробити висновок про складність конструкції сучасних систем повітропостачання та відмінність їх конструкцій залежно від типу РС. Це визначило необхідність розробки відповідних їх структурних схем і проведення дослідження особливостей функціонування.

На рис.1 подано структурну схему системи повітропостачання маневрового тепловоза. Відповідно до вказаних особливостей конструкції системи, стисле повітря від *K* надходить у *ГР*, які з'єднанні повітропроводом з *ЖМ. БП*, який сполучений з *ЖМ*, призначений для забезпечення функціонування гальмівної системи тепловоза при зміні кабіни керування. *БП* контролює роботу основного органу керування – *КМ*, сполу-

чаючи його з ГМ, а також КДГ, з'єднуючі його з МГЦ. До ПР стисле повітря поступає з ГМ і від КДГ через МДГ. ГЦ наповнюються стислим повітрям з МГЦ при встановленні відповідного положення КМ або КДГ. Також слід зазначити, що МГЦ і МДГ сполучені через роз'єднувальний кран.

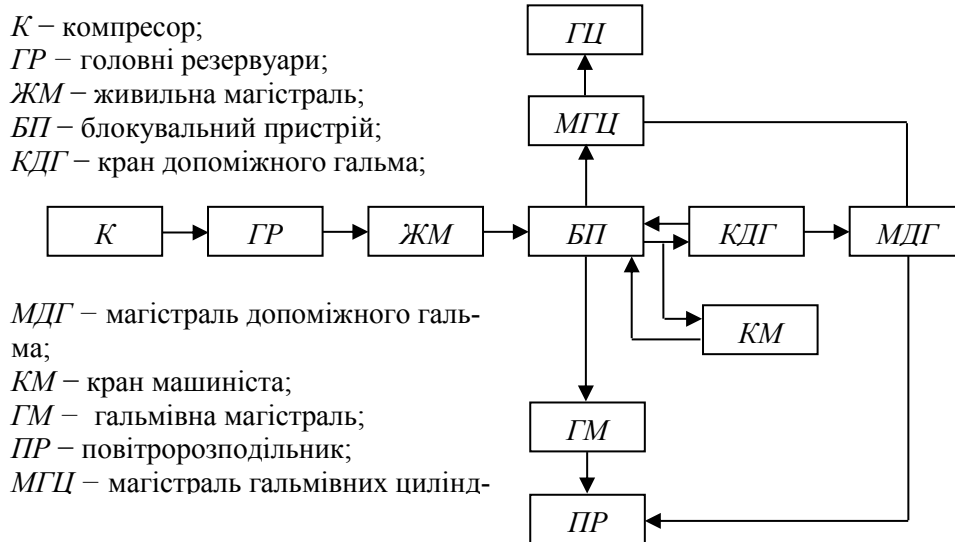


Рис. 1. Структурна схема системи повітропостачання тепловоза

Особливістю системи повітропостачання електрорухомого складу, схема якої подана на рис.2 є наявність додаткових модулів конструкції, що забезпечують роботу електричних апаратів:

- ППМ – пневмо-пружинний модуль підймання струмознімального пристрою;
- ГВ/ШВ – головний або швидкодіючий вимикач;
- ГПП – групові та головні перемикачі;
- ЕПК – електropневматичні контактори.

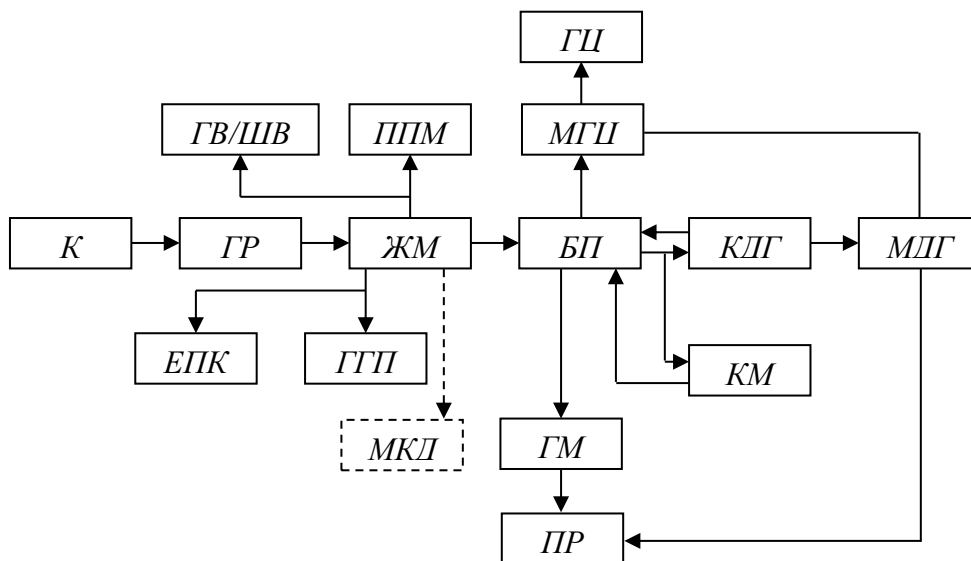


Рис. 2. Структурна схема системи повітропостачання електрорухомого складу

Слід зазначити, що до складу схеми моторвагонного електрорухомого складу входить також *МКД* – модуль керування розсувними дверима.

Ланцюг керування *ППМ*, що з'єднаний з *ЖМ* містить регулятор тиску, роз'єднувальні крани, резервуар і циліндри приводу пантографа. Залежно від типу струму встановлюються головний або швидкодіючий вимикач, які також сполучені з *ЖМ*.

Стисле повітря надходить з *ЖМ* до *ГПП*, які призначені для керування різними ділянками силових ланцюгів тягових електродвигунів, для їх вмикання та вимикання, а також вимикання секцій пускових резисторів і перемикання з'єднання тягових електродвигунів. Поряд з зазначеними апаратами в електричних ланцюгах електрорухомого складу використовується велика кількість електропневматичних контакторів, які також отримують стисле повітря з *ЖМ*.

Система повітропостачання дизель-поїздів, структурна схема якої подана на рис. 3 суттєво відрізняється від наведених вище наявністю таких модулів: *ЕПМП* – електропневматичного модуля перетворень; *МКГП* – модуля керування гідромеханічною передачею; *СВО* – системи вентиляції та опалення. Відповідно до команд машиніста стисле повітря до вказаних модулів конструкції надходить з напірної магістралі (*НМ*). Наприклад, електропневматичні клапани *ЕПМП* спрацьовують у встановленому порядку при перемиканні позицій контролера машиніста. *МКГП* містить резервуар, що знаходиться в камері електричних апаратів і живиться від *НМ*, призначений для керування гідропередачею. Також від *НМ* стисле повітря подається до пневмоциліндрів керування в *СВО*.

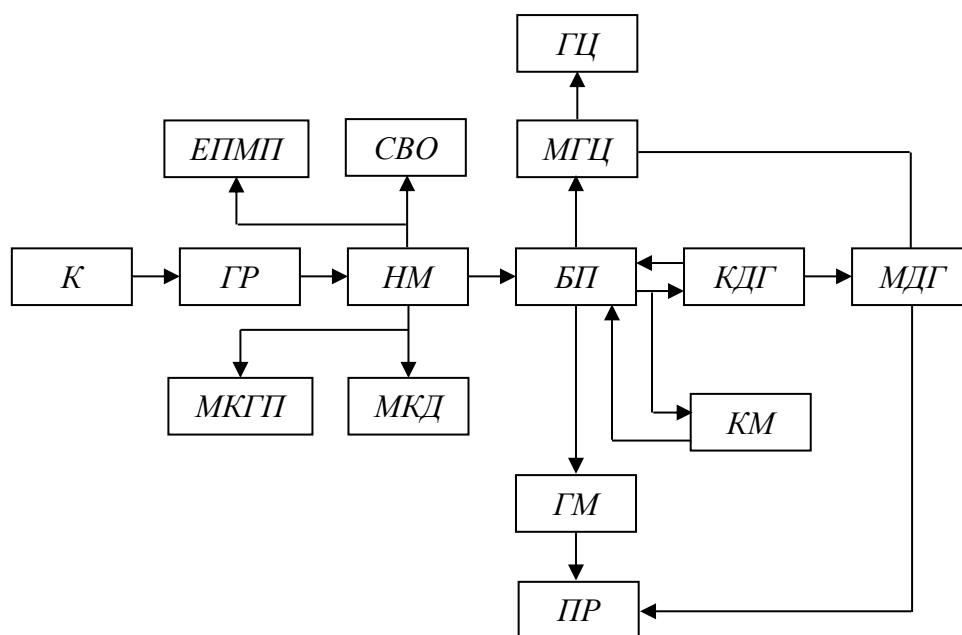


Рис. 3. Структурна схема системи повітропостачання дизель-поїздів

Нижче, на рис. 4, наведена схема системи повітропостачання рухомого складу метрополітену (для вагонів серій ЕС і 81), яка містить такі модулі: *НП* – напірна пневматика; *ЗР* – запасний резервуар; *АМ* – автостопна магістраль; *ДП* – дверна пневматика; *ПК* – пневматика керування; *ПА* – пневматика автозчепного обладнання.

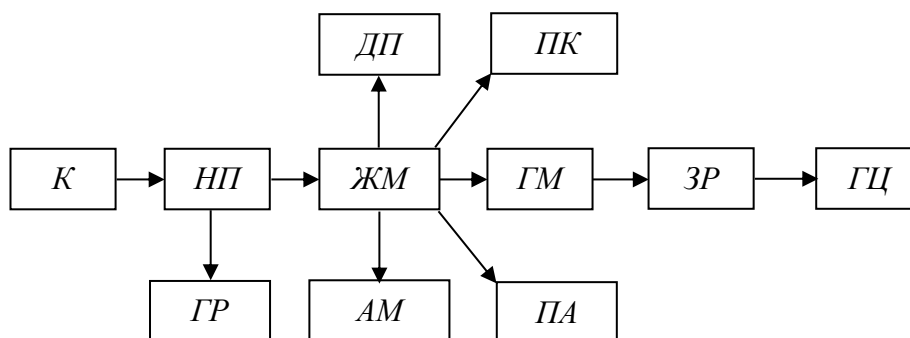


Рис. 4. Структурна схема системи повітропостачання вагонів метрополітену

Проведений аналіз особливостей систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу дозволив виділити такі функціональні групи їх обладнання:

- агрегати та пневмоприлади для живлення систем стислим повітрям: компресори, регулятори тиску, головні резервуари;
- прилади керування: крани машиніста, крани допоміжного гальма, арматури кранів, сигналізатори і манометри;
- прилади, що здійснюють гальмування: повітророзподільники, автоматичні регулятори режимів гальмування, гальмівні циліндри і запасні резервуари;
- повітропровід і арматура гальма: повітропровідні магістралі, крани, клапани, з'єднувальні рукава, мастиловідокремлювачі, повітроохолоджувачі, фільтри і пиловловлювачі.

Висновки та рекомендації щодо подальшого використання. Аналіз особливостей конструкції систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу, що експлуатується на мережах залізниць України, дозволив зробити висновок, що головну роль в забезпеченні відповідних систем стислим повітрям (з необхідними показниками за продуктивністю і тиском) відіграють компресори. Наведені в статті матеріали можуть бути використані фахівцями та науковцями при проведенні науково-дослідних робіт з удосконалення зазначених систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fomin, O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43. [<http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/9-Fomin.pdf>]
2. Фомін, О. В. Визначення перспективних напрямків проектування несучих систем у вантажному вагонобудуванні/ О.В. Фомін// Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – № 3/7 (57), 2012. – С. 32-35 – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
3. Фомін, О. В. Підвищення ступеня ідеальності вантажних вагонів та прогнозування стадій їх еволюції / О. В. Фомін, // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – №3. – С.68-76 – Режим доступу: <http://nvngu.in.ua/index.php/uk/golovna/1049-ukrcat/arkhiv-zhurnalu/2015/zmist-3-2015/geotekhnichna-i-girnichna-mekhanika-mashinobuduvannya/2975-pidvishchennya-stupenya-idealnosti-vantazhnikh-vagoniv-ta-prognozuvannya-stadij-jikh-evolyutsiji>.
4. Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model / O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 1 – P.45-48.)
5. Карпов, В. М. Стан, проблеми та перспективи оновлення залізничного рухомого складу України / В. М. Карпов, О. І. Никифорок // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць науково-дослідного економічного інституту. – К., 2012. – Вип. 6 (133). – С.160-166.

6. *Державна* цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. № 1106). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
7. *Транспортна* стратегія України на період до 2020 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
8. *Комплексна* програма оновлення рухомого складу на 2008-2020 роки, затверджена наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 р. №1259. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
9. *Logvinenko A. A.* Peculiarities of stress calculation of basic parts of valve timing gear of modern locomotive electric power installations // Metallurgical and mining industry (Machine building). – Dnipropetrovsk, 2014. – No.6. – P. 59-63. Available at: www.metaljournal.com.ua.
10. *Чубикало, М. Б.* Перспективні компресори для систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу / М.Б. Чубикало, О.А. Логвіненко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту (серія «Транспортні системи і технології»). – К.: ДЕ-ТУТ, 2015. – Вип. 26-27. – С. 75-81.
11. *Logvinenko O. A.* Mathematical modeling of new rotary-type compressors kinematic characteristics for railway rolling stock air supply systems of new generation // Theses of international scientific conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects», 26-27 January 2016, Strasbourg (France). – Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. – P. 68-69.
12. *Правила* технічної експлуатації залізниць України. Міністерство транспорту України. / Транспорт України, 1995. – 256 с.
13. *Інструкція* з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. № ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 зі змінами і доповненнями згідно з наказом №312-ц від 07.06.2001р. – К.: ТОВ «Поліграфсервіс», 2004. – 144 с.
14. *Афонин, Г. С.* Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава / Г. С. Афонин, В. Н. Барщенков, Н. В. Кондратьев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
15. *Михайленко, А. А.* Дизель-поезда типа ДР / А. А. Михайленко. – М.: Транспорт, 1990. – 336 с.
16. *Добровольская, Э. М.* Электропоезда метрополитена / Э. М. Добровольская. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.

***Alexander O. Logvinenko, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Associate Professor of Mechanics and Designing Machines Chair, Ukrainian
State University of Railway Transport)***

***Michael B. Chubykalo, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Associate Professor of Heat Engineering and Heat Engines Chair, Ukrainian
State University of Railway Transport)***

FEATURES OF MODERN AIR-TRACTION AND MULTIPLE UNITS THE RAILWAYS OF UKRAINE

The problems of reforming the railway transport of Ukraine. The urgency of updating rolling stock. It was noted that one of the priorities of railway development is the achievement of high technical and economic performance of the transportation process in the railway sector. The above achievement is due to the decision of tasks required to ensure the performance and reliability of modern systems of traction and multiple units, which determine the safety of trains. Stressed that the main role among such systems drainage system air supply. The features of modern systems of air supply traction and railcar rolling stock, as well as provide their corresponding block diagrams. It noted the expediency of work towards the improvement of these systems in order to improve technical and economic performance of the rolling stock and the transportation process on the railways of Ukraine as a whole.

***Keywords:* rail, rolling stock, wound-dressing process, technical and economic indicators, the air supply system.**

REFERENCES

1. Fomin, O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43. [http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/9-Fomin.pdf]
2. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building/ A. V. Fomin// East European journal of advanced technologies. – Kharkiv. –№ 3/7(57), 2012. – 32-35 p. – access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
3. Fomin, A. V. Increasing the degree of ideality of freight wagons and forecasting stages of their evolution [Text]/ A. V. Fomin, // Scientific Bulletin of National mining University. – Dnepropetrovsk: NMU, 2015. – No. 3. – P. 68-76 – Mode of access: <http://nvngu.in.ua/index.php/uk/golovna/1049-ukrcat/arkhiv-zhurnal/2015/zmist-3-2015/geotekhnichna-i-girnicha-mekhanika-mashinobuduvannya/2975-pidvishchennya-stupenya-idealnosti-vantazhnikh-vagoniv-ta-prognozuvannya-stadij-jikh-evolyutsiji>.
4. Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model / O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 1 – P.45-48.)
5. Karpov V.M., Nykyforuk O.I. Stan, problemy ta perspektyvy onovlennia zaliznychnogo ruhomogo skladu Ukrainy [Status, problems and prospects update railway rolling stock Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats naukovodoslidnogo ekonomichnogo inctytutu* [Collection of scientific works of the research economic institute]. Kiev, 2012, issue 6(133), pp. 160-166.
6. Derzhavna tsilova programa reformuvannia zaliznychnogo transportu na 2010-2019 roky, zatverdzhena postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 16 grudnia 2009 roku №1390 (v redaktsii postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26 zhovtnia 2011 roku №1106 (State program of reforming the railway transport for 2010-2019, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine of 16 December 2009 № 1390 (as amended by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 26, 2011 № 1106). Available at: www.rada.gov.ua.
7. Transportna strategiia Ukrainy na period do 2020 roku, shvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 zhovtnia 2010 roku № 2174-p (Transport strategy of Ukraine for the period until 2020, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 20, 2010 № 2174-p). Available at: www.rada.gov.ua.
8. Kompleksna programa onovlennia ruhomogo skladu na 2008-2020 roky, zatverdzhena nakazom Ministerstva transportu ta zviazku Ukrainy vid 14 zhovtnia 2008 roku №1259 (A comprehensive program of renovation of rolling stock for 2008-2020, approved by order of the Ministry of Transport and Communications of Ukraine from October 14, 2008 №1259). Available at: www.rada.gov.ua.
9. Logvinenko A. A. Peculiarities of stress calculation of basic parts of valve timing gear of modern locomotive electric power installations // Metallurgical and mining industry (Machine building), 2014. – No.6, p.p. 59-63. Available at: www.metaljournal.com.ua.
10. Chubykalo M.B., Logvinenko O.A. Perspektivni kompresory dlia system povitropostachannia suchasnogo tiagovogo ta motorvagonnogo ruhomogo skladu [Prospective compressors for air supply systems of modern traction and multiple units]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnogo ekonomiko-tehnologichnogo universytetu transportu* [Collection of scientific works of the State Economic and Technological University of Transport]. Kiev, 2015, issue 26-27, pp. 75-81.
11. Logvinenko O.A. Mathematical modeling of new rotary-type compressors kinematic characteristics for railway rolling stock air supply systems of new generation // Theses of international scientific conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects», 26-27 January 2016, Strasbourg (France). – Severodonetsk, 2016., p.p. 68-69.
12. Pravylyla tehnicnoyi eksploatacii zaliznyts Ukrainy. Ministerstvo transportu Ukrainy [The technical operation of railways of Ukraine. The Ministry of Transport of Ukraine]. Kiev, Transport Ukrainy Publ., 1995. – 256 p.
13. Instruksiiia z ekpluatatsii galm ruhomogo skladu na zaliznytziah Ukrainy № ІТ-ІВ-ІЛІ-0015 zi zminamy i dopovnenniamy zgidno z nakazom №312-ІІ vid 07.06.2001. [Instructions for use of the rolling stock brakes on the railways of Ukraine. Number CT-CV-CL-0015. as amended by the order №312-ІІ of 07.06.2001 year]. Kiev, Poligrafservis Ukrainy Publ., 2004. – 144 p.
14. Afonin G.S., Barshchenkov V.N., Kondratyev N.V. Ustroystvo i eksploatatsiya tormoznogo oborudovaniya podvizhnogo sostava [Design and operation of rolling stock brake equipment]. Moscow, Akademiya Publ., 2006. – 304 p.
15. Mihaylenko A.A. Dizel-poyezda tipa DR [Trains such as DR]. Moscow, Transport Publ., 1990. – 336 p.
16. Dobrovolskaya E.M. Elektropoezda metropolitena [Metro trains]. Moscow, Akademiya Publ., 2003. – 320 p.