

UDC 629.46.027.23.015V. M. BUBNOV¹, S. V. MYAMLIN², N. B. MANKEVYCH^{1*}¹*LTD «Main Specialized Design Bureau of Car Building named after V. M. Bubnov (MSDBCB)», Mashinostroiteley Sq., 1, 87535, Mariupol, Ukraine, tel. +38 (0629) 51 86 43, e-mail n-mankevich@mail.ru²Dep. «Wagons and Wagon Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 776 84 98, e-mail sergeymyamin@gmail.com**DYNAMIC PERFORMANCE OF FREIGHT CARS ON BOGIES
MODEL 18-1711**

Purpose. To analyze the results of study of dynamic parameters of the tank-car model 15-1900 and gondola car model 12-1905, equipped with the bogies model 18-1711 with axle loading of 25 ton and unified according to major parts and joints with the cars of previous generation. According to results of the study to conclude about the possibility of using bogies model 18-1711 as the running parts of the freight rolling stock of the new generation of 1520 mm track with increased axle loading. **Methodology.** The dynamic performance of the rolling stock running parts directly affects the safety of railway traffic. Experimental studies of the car dynamic qualities are an important step in the modernization of existing bogie constructions and in the creation of the new ones. These tests allow one to confirm the results of theoretical studies and to check the correctness of the constructive solutions. **Findings.** Basic results of dynamic studies are presented as the graphs of dynamic performance dependencies on the motion speed of the experimental train. Results show that the freight cars on the bogies model 18-1711 have satisfactory dynamic properties meeting current regulatory requirements. **Originality.** The dynamic characteristics of freight cars on bogies model 18-1711, which give a complete view of the car loading allow us to estimate the dependency of the car dynamic performance on the bogie design parameters. **Practical value.** The bogie model 18-1711 with axle loading 25 ton can be used as a freight car undercarriages of the new generation of 1520 mm track.

Keywords: dynamics of the railcar; dynamic tests; axle loading; structure unification; cars of new generation

Introduction

Dynamic characteristics of the running parts of railway rolling stock directly affect the safe operation of trains in different modes of car loading and in the entire range of their motion speeds. That's why scientists and designers during improvement and construction of the new bogies of the rolling stock paid great attention to such junctions and elements the providing of necessary quality of the car course with the least resistance to its motion depends on [1, 4, 7, 9, 12].

Application of spring group in the construction of upgraded and new bogies with bilinear force characteristics and increased flexibility under the tare and gross rail load can improve the vertical dynamics parameters, promote traffic safety, as well as to provide the lesser sensitivity of the empty car dynamic parameters to the wedge wear.

In this case installation of the springs with increased altitude under the friction wedges allows one to create the necessary pressing force to provide both the better damping and increased resistance to the bogie side frames lozenging.

The use of non-metallic insertions between the friction wedges and bolster eliminates the «metal on metal» contact and stabilizes functioning of the shock absorbers [14]. Increase of the friction wedges width or their form changing from the flat to the spatial one increases the side frames cohesion with the bogie bolster. It reduces the degree of the side frames lozenging and thus promotes the motion stabilization. Installation of the double-row tapered bearings, which do not require maintenance and repair on the wheel sets increases the overhaul life of the cars. Installation of elastic wear-proof insertions between the bearing adapter and supporting surface of the side frame axle-box nozzle protects the supporting and thrust surfaces of adapter and the side frame from the wearing. Thus the system of bogie primary suspension is created. The elastic insertion of adapter dampers the high frequency vertical oscillations and brings the wheel set back to its original position after oblique setting during motion in the curved track sections. This has a positive effect on the side frame durability [13, 15].

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Installation of fixed contact bearings on the bolster provides an effective oscillation damping and reduces the wheel sets wearing. This significantly decreases the level of dynamic loading of the car center pivot and reduces the negative impact on the track [2, 3, 5, 6, 11, 16].

A number of these design solutions are implemented in the new generation of bogies with an axle loading of 25 tnf, including the models 18-1711 (Table 1).

car dynamic qualities are an important step in the modernization of existing bogie designs and in the construction of the new ones. Experimental data can confirm the results of theoretical studies and check the correctness of the design decisions. Therefore, the following algorithm can be determined as a research methodology: design engineering of the freight car bogie, theoretical research performing, experimental studies of freight car dynamic loading on the bogies of new construction in

Table 1

Technical features of bogies

Name of design features	Bogie model (designer)				
	18-194-1 (UVZ)	Barber-S-2-R 18-9855 (NVTs «Cars»)	Motion Control 18-9836 (Amsted Rail)	18-9800 (VNIKTI)	18-1711 PJSC «Azovmash» («GSKBV»)
Spring suspension: – power characteristic – spring number of the spring set (including the double-row ones) – wedge form	Bilinear 7(7) Flat	Bilinear 9(9) Spatial, composite structure	Bilinear 9(4) Spatial with increased width of working areas	Bilinear 7(7) Flat c with increased width of working areas	Bilinear 7(7) Spatial
Type of the elastic fixed contact bearings	Elastic spring type, or the elastic roller one	Elastic spring type	Elastic spring type	Elastic elastomeric	Elastic spring type
Presence of elastic elements: – in the axle-box nozzle – on the wedges	Yes No	No No	Yes No	Yes Yes	No No

Purpose

The purpose of the article is the study of car dynamic qualities. According to the study results the use possibility of bogie model 18-1711 as the freight car running gears was evaluated.

Methodology

Running gears dynamic parameters of the rolling stock directly affect the motion safety parameters of the freight cars on the basis of wheel and rail interaction conditions. Experimental studies of

comparison with the serial ones, results analysis, and decision preparation about the possibility of using the bogies with new designs.

Findings

This paper presents the dynamic running tests of the tank car model 15-1900 and the 12-1905 open car model equipped with bogies 18-1711, with an axle loading 25 tnf, which were carried out according to the papers [8, 10]. These types of cars are the most common types of the freight vehicle

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

on the track 1520 mm. The prototypes for these cars were respectively the tank car model 15-1547-03 and the 12-1704-04 open car model produced by PJSC «Azovobshchemash» for many years. Body researched cars also on most parts and components are unified with the previous generation cars. Bodies of the researched cars are also unified with the cars of previous generation according to the most parts and components.

During the tests the general working capacity of the vehicle in motion was examined. There were determined and evaluated the parameters of running characteristics of cars, which were equipped with bogie model 18-1711. The different motion speeds, including the speed exciding the design speed by 10% and different loading modes for the specific track sections with the corresponding construction and the current technical conditions were taken into account as well.

The technical characteristics of the studied cars are presented in the Table 2.

Table 2

Technical characteristics of the cars under tests

Name of index (parameter, size)	Index value	
	Tank-car, model 15-1900	Open car, model 12-1905
Carrying capacity, tn, no more than	73.5	75.5
Tare weight, tn	26.0	24±0.5
Static design loading from the wheel set on the rails, kN (tnf)	245.0 (25.0)	

End the table 2

Name of index (parameter, size)	Index value	
	Tank-car, model 15-1900	Open car, model 12-1905
Size according to the State Standard 9238-83	1-VM	
Tank volume (body), m ³	87±0,4	90±0,5
Body width, mm	3260	3204
Body length (tank), mm	11260	13130
Distance between truck centres, mm	7800	8650
The car length of the coupler pulling face, mm	12020	13920
The height of the car gravity center from the rail top level, mm		
– in the empty condition	1.561	1.191
– in the loaded condition	2.499	2.221
The minimum radius of curving, m:		
1) when moving in tractive connection		
– connection section of the tangent and curve track section		80
– S-shaped curve		120
2) during circular curving of the single tank		60

The test results of cars are presented as graphs of dependencies of the ride quality basic indices on the motion speed in Fig. 1-9.

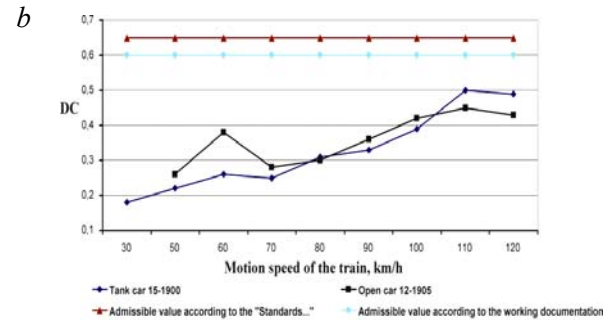
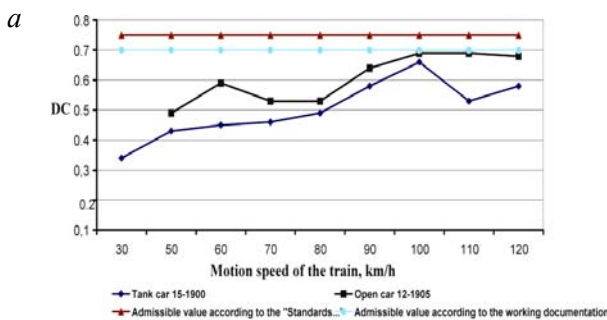


Fig. 1. Vertical dynamic coefficient DC of the tested car bodies: a – empty car; b – loaded car

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

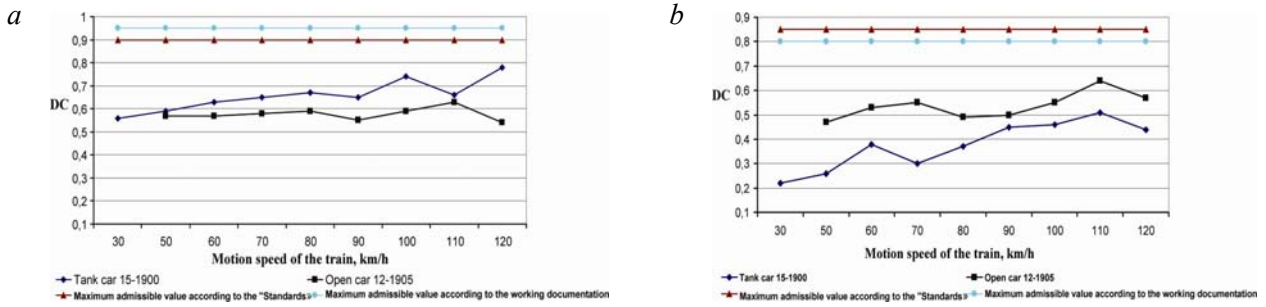


Fig. 2. Vertical dynamics coefficient DC of the non-spring elements of the car bogie frames under tests: *a* – empty car; *b* – loaded car

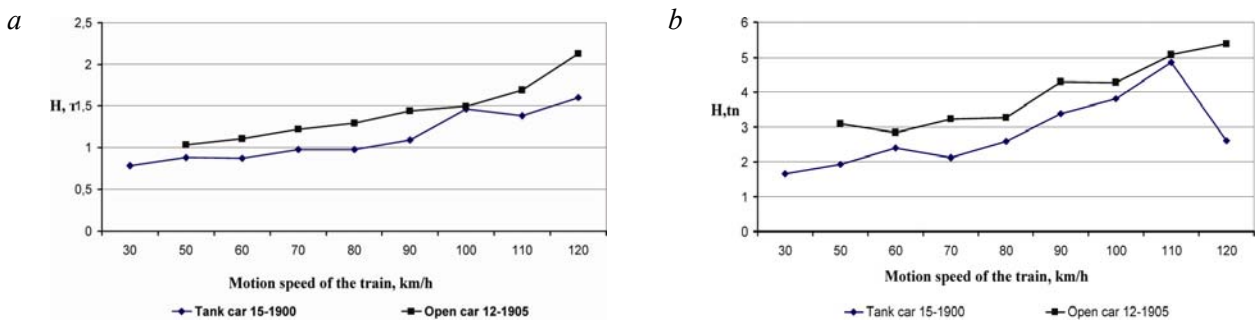


Fig. 3. Frame forces of the bogies H of cars under tests: *a* – empty car; *b* – loaded car

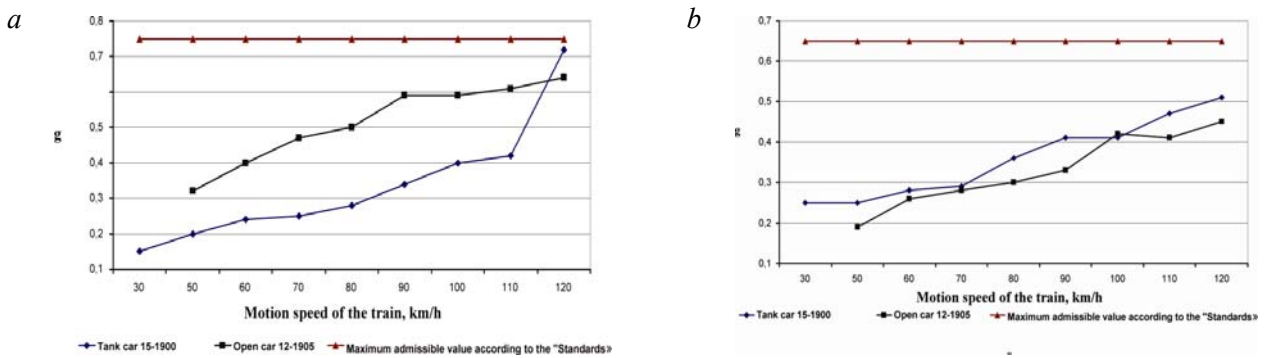


Fig. 4. Vertical acceleration of the bogies *g* of the cars under tests: *a* – empty car; *b* – loaded car

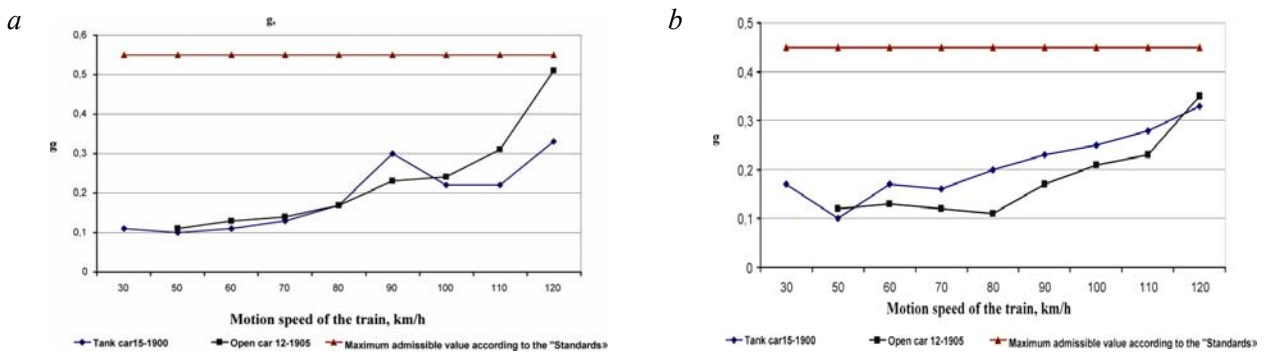


Fig. 5. Horizontal acceleration of the bogies *g* of the cars under tests: *a* – empty car; *b* – loaded car

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

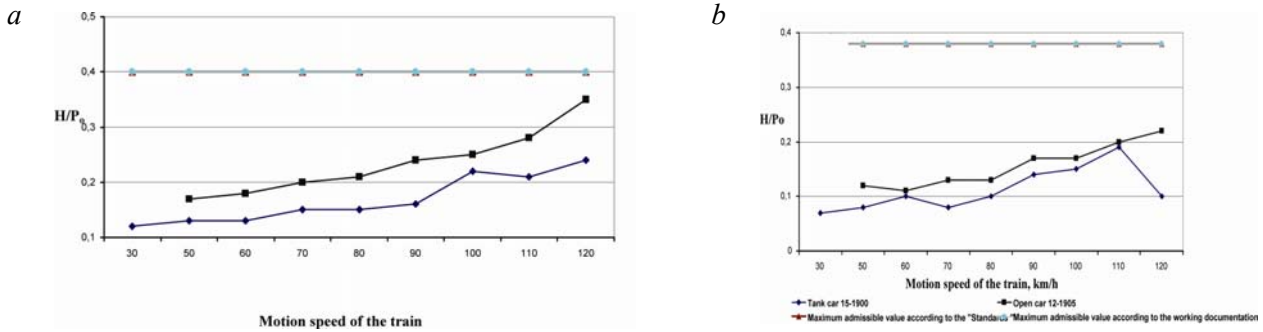


Fig. 6. Frame forces in fractions of the axial loading H/P_0 of cars under tests:
a – empty car; *b* – loaded car

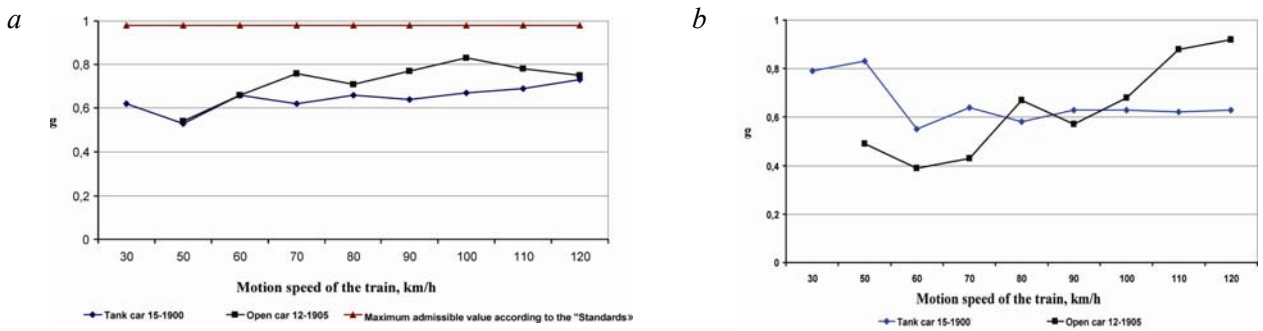


Fig. 7. Vertical accelerations of unsprung elements of the bogie frames g , of the tested cars:
a – empty car; *b* – loaded car

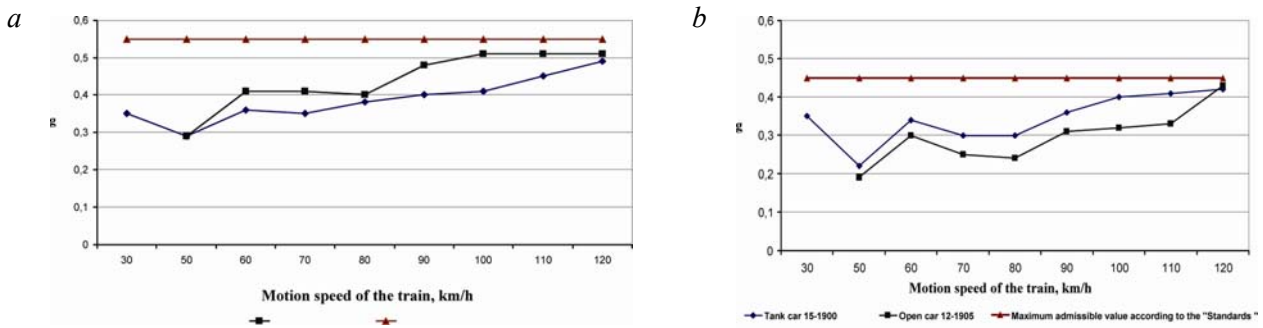


Fig. 8. Horizontal accelerations of unsprung elements of the bogie frames g , of the tested cars:
a – empty car; *b* – loaded car

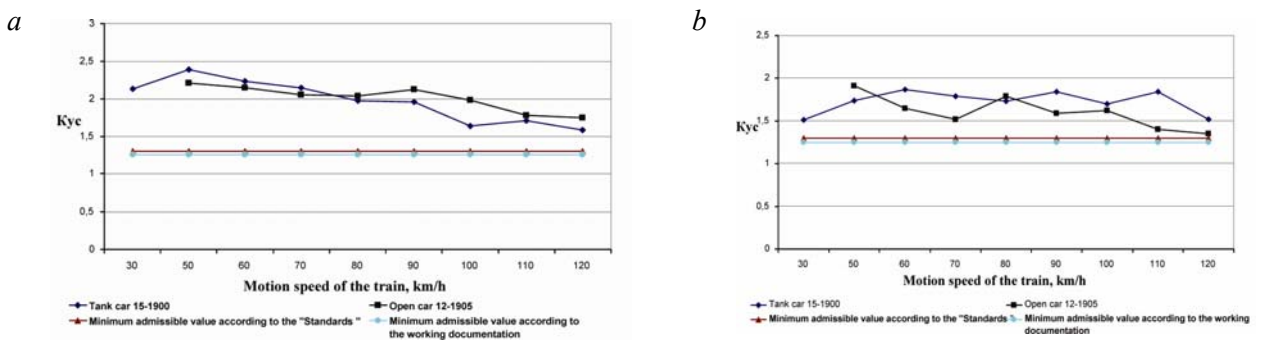


Fig. 9. Derailment stability coefficient:
a – empty car; *b* – loaded car

Originality and Practical Value

The dynamic characteristics of freight cars with the bogie models 18-1711 are obtained. These characteristics give a complete idea of the car loading and allow us to estimate the dependency of the car dynamic performance on the bogie design. Two-axial bogie model 18-1711 with axle loading 25 tnf can be used as the freight cars running gears of the new generation of 1520 mm track.

Conclusions

1. The test results show that the studied cars have satisfactory dynamic qualities.
2. Maximum commonality of parts and components of their running gears and bodies with the previous generation of cars ensures their maintainability on the existing infrastructure of railways of the 1520 mm track.
3. To ensure the traffic safety during manufacturing and repairing of new generation cars, components and details, of which are unified with the previous generation of cars, it is necessary to exclude the possibility of "reverse installation", i.e. the installation of the new generation car parts with obsolete design. For this purpose there are many methods of control, such as logic control through the information-analytical system of railway computer centers.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Аналіз поперечних коливань колеса відносно рейки з відеозаписів / В. О. Мельничук, О. М. Савчук, М. А. Грічаний, І. Ю. Хоменко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – Вип. 32. – С. 143–146.
2. Бороненко, Ю. П. Каким быть тележкам для вагонов нового поколения / Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова // Вагоны и вагонное хоз-во. – 2005. – № 1. – С. 40–41.
3. Бубнов, В. М. Основные тенденции совершенствования ходовых частей грузовых вагонов / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич // Пробл. та перспективи розв. заліз. трансп. (19.04. – 20.04.2012) : тези доп. 72-ї Міжнар. науково-практ. конф. – Д. : ДНУЗТ, 2012. – С. 74–75.
4. Бубнов, В. М. Пути совершенствования прочностных характеристик ходовых частей грузовых вагонов / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич // Вагонный парк. – 2012. – № 2. – С. 4–6.
5. Комплексная модернизация ходовых частей грузовых вагонов / В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрый, И. Ю. Малышева и др. // Вагонный парк. – 2007. – № 2. – С. 18–22.
6. Модернизация ходовых частей грузовых вагонов / В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрый, М. М. Жечев и др. // Заліз. трансп. України. – 2003. – № 5. – С. 33–36.
7. Мямлін, С. В. Прогнозування розвитку конструкції двовісного візка вантажного вагона / С. В. Мямлін, А. С. Мацюк // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 27. – 2009. – С. 24–29.
8. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
9. Пути совершенствования конструкции тележки грузового вагона / А. А. Босов, С. В. Мямлин, В. Я. Панасенко, И. В. Клименко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 29. – С. 27–32.
10. РД 24.050.37-95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – М. : ГосНИИВ, 1995. – 101 с.
11. Тележка для грузовых вагонов нового поколения с повышенными осевыми нагрузками / В. П. Ефимов, А. А. Пранов, А. Н. Баранов, К. А. Белоусов // Ж.-д. трансп. – 2009. – № 9. – С. 58–61.
12. Boronenko, Yu. Influence of construction schemes and parameters of three-piece freight bogies on wagon stability, ride and curving qualities / Yu. Boronenko, A. Orlova, E. Rudakova // Vehicle System Dynamics. – 2006. – Vol. 44. – P. 402–414.
13. Patent 2005/0268813 A1, USA, Int. Cl. B61F5/26. Railway trucks pedestal bearing adapter / Charles L. Van Auken ; Amsted Industries Inc. – № 10/856,830 ; filed 01.01.04 ; publ. 30.12.04.
14. Patent 2007/0034108 A1, USA, Int. Cl. B61D1/00. Non-metallic insert for rail car bolster wedge / John W. Rudibaug, Charles L. Van Auken ; Amsted Industries Inc. – № 11/201,814 ; filed 12.08.05 ; publ. 15.02.07.
15. Patent 2010/0064930 A1, USA, Int. Cl. B61F5/32, B61F5/50, B61F5/00. Railway truck with bearing adapter / Ralph H. Schorr, Peter Klauser, Jay P. Monaco, Gnana Jeevan Robinson, Manuel Tavares ; Amsted Industries Inc. – № 12/283,688 ; filed 16.09.09 ; publ. 18.03.10.
16. Scholdan, D. RC25NT – new freight car bogie, self steering, three piece, friction damped / D. Scholdan, W. Kik // Подвижной состав ХХІ века: идеи, требования, проекты (6.07 – 10.07. 2011) : тезисы докл. VII Междунар. науч.-техн. конф. – СПб. : ПГУПС, 2011. – С. 19–21.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

В. М. БУБНОВ¹, С. В. МЯМЛІН², М. Б. МАНКЕВИЧ^{1*}¹*ТОВ «Головне спеціалізоване конструкторське бюро вагонобудування ім. В. М. Бубнова (ГСКБВ)», пл. Машинобудівників, 1, 87535, Маріуполь, Україна, тел. +38 (0629) 51 86 43, ел. пошта n-mankevich@mail.ru²Каф. «Вагони та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 776 84 98, ел. пошта sergeymyamin@gmail.com

ДИНАМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НА ВІЗКАХ МОДЕЛІ 18-1711

Мета. Виконати аналіз результатів дослідження динамічних показників вагона-цистерни моделі 15-1900 та піввагона моделі 12-1905, обладнаних візками моделі 18-1711 з осьовим навантаженням 25 тс та уніфікованих за основними деталями й вузлами з вагонами попереднього покоління. За результатами досліджень зробити висновок про можливість використання візка моделі 18-1711 як ходових частин вантажного рухомого складу нового покоління колії 1 520 мм зі збільшеним осьовим навантаженням. **Методика.** На безпеку руху на залізницях безпосередньо впливають динамічні показники ходових частин рухомого складу. Експериментальні дослідження динамічних якостей вагонів є важливим етапом при модернізації існуючих і створенні нових конструкцій візків. Дані випробувань дозволяють підтвердити результати теоретичних досліджень і перевірити правильність прийнятих конструктивних рішень. **Результати.** Основні результати динамічних досліджень наведено у вигляді графіків залежності динамічних показників від швидкості руху експериментального поїзда, вони свідчать про те, що вантажні вагони на візках моделі 18-1711 мають задовільні динамічні якості, що відповідають сучасним нормативним вимогам. **Наукова новизна.** Отримано динамічні характеристики вантажних вагонів на візках моделі 18-1711, які дають повне уявлення про навантаженість вагона й дозволяють оцінити залежність динамічних показників вагона від параметрів конструкції візка. **Практична значимість.** Двовісний візок моделі 18-1711 з осьовим навантаженням 25 тс може бути використаний як ходові частини вантажних вагонів нового покоління колії 1 520 мм.

Ключові слова: динаміка вагона; динамічні випробування; осьове навантаження; уніфікація конструкцій; вагони нового покоління

В. М. БУБНОВ¹, С. В. МЯМЛІН², Н. Б. МАНКЕВИЧ^{1*}¹*ООО «Главное специализированное конструкторское бюро вагоностроения им. В. М. Бубнова (ГСКБВ)», пл. Машиностроителей, 1, 87535, Мариуполь, Украина, тел. +38 (0629) 51 86 43, эл. почта n-mankevich@mail.ru²Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 776 84 98, эл. почта sergeymyamin@gmail.com

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ТЕЛЕЖКАХ МОДЕЛИ 18-1711

Цель. Провести анализ результатов исследования динамических показателей вагона-цистерны модели 15-1900 и полувагона модели 12-1905, оборудованных тележками модели 18-1711 с осевой нагрузкой 25 тс и унифицированных по основным деталям и узлам с вагонами предыдущего поколения. По результатам исследования сделать заключение о возможности использования тележки модели 18-1711 в качестве ходовых частей грузового подвижного состава нового поколения колеи 1 520 мм с увеличенной осевой нагрузкой. **Методика.** На безопасность движения на железных дорогах напрямую влияют динамические показатели ходовых частей подвижного состава. Экспериментальные исследования динамических качеств вагонов являются важным этапом при модернизации существующих и создании новых конструкций тележек. Данные испытаний позволяют подтвердить результаты теоретических исследований и проверить правильность принятых конструктивных решений. **Результаты.** Основные результаты динамических исследований представлены в виде графиков зависимости динамических показателей от скорости движения экспериментального поезда, они свидетельствуют о том, что грузовые вагоны на тележках модели 18-1711 обладают удовлетворительными динамическими качествами, отвечающими современным нормативным требованиям. **Научная**

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

новизна. Получены динамические характеристики грузовых вагонов на тележках модели 18-1711, которые дают полное представление о нагруженности вагона и позволяют оценить зависимость динамических показателей вагона от параметров конструкции тележки. **Практическая значимость.** Двухосная тележка модели 18-1711 с осевой нагрузкой 25 тс может быть использована в качестве ходовых частей грузовых вагонов нового поколения колеи 1 520 мм.

Ключевые слова: динамика вагона; динамические испытания; осевая нагрузка; унификация конструкций; вагоны нового поколения

REFERENCES

1. Melnychuk V.O., Savchuk O.M., Hrichanyi M.A., Khomenko I.Yu. Analiz poperechnykh kolyvan kolea vidnosno reiky z videozapysiv [Analysis of transverse oscillations of the wheel relative to the rails on the basis of videos]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 32, pp. 143-146.
2. Boronenko Yu.P., Orlova A.M. Kakim byt telyezhkam dlya vagonov novogo pokoleniya [What should be the bogies for a new generation of railcars]. *Vagony i vagonnoye hozyaystvo – Wagons and wagon facilities*, 2005, no. 1, pp. 40-41.
3. Bubnov V.M., Myamlin S.V., Mankevych N.B. Osnovnyye tendentsii sovershenstvovaniya khodovykh chastey gruzovykh vagonov [Major trends of improving of running parts of railcars]. *Tezy dopovidei 72 Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii “Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu”* [Abstracts of Papers of the 72 Scientific and Practical Conference “Problems and prospects of railway transport development”]. Dnipropetrovsk, 2012, pp. 74-75.
4. Bubnov V.M., Myamlin S.V., Mankevich N.B. Puti sovershenstvovaniya prochnostnykh kharakteristik khodovykh chastey gruzovykh vagonov [The ways to improve the strength characteristics of the running parts of freight cars]. *Vagonnyy park – Wagon fleet*, 2012, no. 2, pp. 4-6.
5. Ushkalov V.F., Mokriy T.F., Malysheva I.Yu. Mashchenko I.A., Pasichnik S.S. *Kompleksnaya modernizatsiya khodovykh chastey gruzovykh vagonov* [Complex modernization of running parts of freight cars]. *Vagonnyy park – Wagon fleet*, 2007, no. 2, pp. 18-22.
6. Ushkalov V.F., Mokriy T.F., Zhechev M.M., Serebryanyy I.A., Malysheva I.Yu. Modernizatsiya khodovykh chastey gruzovykh vagonov [Modernization of running parts of freight railcars]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway transport of Ukraine*, 2003, no. 5, pp. 33-36.
7. Myamlin S.V., Matusiuk A.S. Prohnozuvannia rozvytku konstrukttsii dvovisnoho vizka vantazhnoho vahona [Development forecasting of the freight car bogie design] *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 27, pp. 24-29.
8. *Normy dlya rascheta i proyektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)*, [Standards for calculating and design of the railroad cars of the Ministry of Railways with the 1520 mm track (unpowered)]. Moscow, GosNIIV-VNIIZhT Publ., 1996. 352 p.
9. Bosov A.A., Myamlin S.V., Panasenko V.Ya., Klimenko I.V. Puti sovershenstvovaniya konstrukttsii telezhki gruzovogo vagona [Ways of improvement of the bogie design of freight car]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 29, pp. 27-32.
10. *RD 24.050.37-95 Vagony gruzovyye i passazhirskiye. Metody ispytaniy na prochnost i khodovyye kachestva* [RD 24.050.37-95 Freight and passenger cars. Methods of durability and running qualities tests]. Moscow, GosNIIV Publ., 1995. 101 p.
11. Yefimov V.P., Pranov A.A., Baranov A.N., Belousov K.A. Telezhka dlya gruzovykh vagonov novogo pokoleniya s povyshennymi osevyimi nagruzkami [Bogie for freight railcars of new generation with elevated axial loadings]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway transport*, 2009, no. 9, pp. 58-61.
12. Boronenko Yu., Orlova A., Rudakova E. Influence of construction schemes and parameters of three-piece freight bogies on wagon stability, ride and curving qualities. *Vehicle System Dynamics*, 2006, vol. 44, pp. 402-414.
13. Charles L. Van Auken. Railway trucks pedestal bearing adapter. Patent USA no. 10/856,830, 2004.
14. John W. Rudibaugh, Charles L. Van Auken. Non-metallic insert for rail car bolster wedge. Patent USA, no. 11/201,814, 2005.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

15. Ralph H. Schorr, Peter Klauser, Jay P. Monaco, Gnana Jeevan Robinson, Manuel Tavares. Railway truck with bearing adapter. Patent USA, no. 12/283,688, 2009.
16. Scholdan D., Kik W. RC25NT – new freight car bogie, self steering, three piece, friction damped. *Tezisy dokladov VII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnivheskoy konferentsii “Podvizhnoy sostav XXI veka: idei, trebovaniya, proekty”* [Abstracts of Papers of the VII Int. Sci. and Technical Conf. “Rolling Stock of the XXI century: ideas, requirements, projects]. Saint Petersburg, PGUPS Publ., 2011, pp. 19-21.

D. Sc. (Tech), Prof. O. M. Savchuk (Ukraine); D. Sc. (Tech), Prof. O. A. Beihul (Ukraine) recommended this article to be published

Received: May 21, 2013

Accepted: Jul. 30, 2013