ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online)

Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту, 2014, № 5 (53)

UDC 629.463.65.027.2

S. V. MYAMLIN[1], V. M. BUBNOV[2], YE. O. PYSMENNYI[3*]

[1]Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 776 84 98, e-mail sergeymyamlin@gmail.com., ORCID 0000-0002-7383-9304
[2]JSC «Main Specialized Design Bureau of Car Building named after Valerii Mykhailovych Bubnov», Mashynobudivnyky Sq., 1, Donetsk region, Mariupol, Ukraine, 87535, tel. +38 (0629) 56 08 67, e-mail bubnov@azovmash.com, ORCID 0000-0002-5896-801X
[3*]Research Institute of the Rolling Stock, Track and Transport Constructions, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 33 55 38, e-mail diit_ndi@ua.fm, ORCID 0000-0003-1957-0292

INVESTIGATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF GONDOLA CARS ON PERSPECTIVE BOGIES

Purpose. In this paper, it is necessary to examine the dynamic properties of the gondola car with bogies, model 18-1711 when it moves on straight and curved sections of a track. **Methodology**. The calculations were performed using the object-oriented programming on the program "Dynamics of Rail Vehicles" ("DYNRAIL" Myamlin S.V. registered 20.03.2003). Mathematical models of a gondola car and bogies 18-100 and 18-711 were created for the calculations. **Findings**. Dynamic performances comparison of the gondola car with bogies 18-1711 and the gondola car with bogies 18-100, obtained by calculation method was carried out. **Originality**. Firstly calculations in order to determine the dynamic properties of the gondola car with bogies 18-1711 when it moves on straight and curved sections of track were performed. At the same time an assessment of the dynamic characteristics of the gondola car was made. The following dynamic standards were determined: the coefficient of vertical dynamics (C_{dv}), the coefficient of horizontal dynamics (C_{dh}), and the safety factor against derailment (SF_d). Track irregularities in vertical and horizontal transverse planes were assigned as perturbations. They should be so that the dynamic indexes of the widely used in operation gondola car on bogies model 18-100 keep in admissible range of speeds up to 80km / h for the empty gondola car and at speeds up to 90km / h for the loaded gondola cars. **Practical value**. As a result of the calculations and comparisons of their results, we have findings that the use of bogies with bilinear characteristic of the central suspension will improve the dynamic performances of gondola cars, currently operating on bogies, model 18-100. And by improving the dynamic performances it is possible to increase the permissible speeds of these cars motion.

Keywords: dynamic qualities of gondola car; bogie of the model 18-1711; dynamic performances of gondola car

Introduction

The design of cars improvement and increase of train speeds requires solution of a question concerning safety in operating, reliability of rolling stock and a track. In seeking to resolve such matter the important factor is operations on modernization of existing ones and creation of new structures of a truck. Dynamic and strength qualities of cars in general depend on their workability.

These requirements were the basis for the development of a new freight bogie, model 18-1711 with increased axle load [3, 7].

The bogie 18-1711 is a three-element structure consisting of two side frames and a bolster. In the bogie the central bilinear suspension and friction wedge-type shock absorbers of spatial actions were implemented.

One of the bogie 18-1711 features is the presence of elastic coupling between the side frames and wheel sets implementing through the herringbone absorber that works in all three planes. Therefore, the bogie 18-1711 can be considered as having two stages of suspension.

Purpose

The aim of this work is the dynamic properties research of the gondola car with bogies, model 18-1711 when it moves on straight and curved sections of a track and their comparison with the dynamic qualities of the gondola car with bogies, model 18-100. Results comparison of such calculations will determine the direction of scientific research in order to improve the dynamic qualities of gondola cars.

Methodology

A mathematical model of bogies, model 18-1711 was built in this study. The dynamic characteris-

Doi 10.15802/stp2014/30789

tics of the gondola car in empty and loaded state, when it is installed on these trucks were determined too [1, 2].

Dynamic properties determination of gondola cars with bogies 18-1711 was performed during its movement on straight and curved sections of a track. At the same time the dynamic characteristics evaluation of the gondola cars was carried out according to the following regulatory dynamic parameters: coefficient of vertical dynamics (C_{dv}), the coefficient of horizontal dynamics (C_{dh}), the safety factor against derailment (SF_d) [4, 5].

For the calculations a typical gondola car with the following inertia characteristics was chosen (table 1).

Table 1

Inertial parameters of gondola cars objects (in the numerator – loaded, in the dominator – empty)

Object	Weight [t]	Moments of inertia [t · m^2]			Coordinates of the center of mass [m]		
		Jz	Jy	Jx	X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7	8
Basis	0	0	0	0	0	0	0
Bogie 1							
Left rail 1	0,5	0	0	0	0	-0,79	0
Right rail 1	0,5	0	0	0	0	0,79	0
Wheelset 1	1,37	1	0,1	1	0	0	0,475
Left rail 2	0,5	0	0	0	1,85	-0,79	0
Right rail 2	0,5	0	0	0	1,85	0,79	0
Wheelset 2	1,37	1	0,1	1	1,85	0	0,475
The left side frame 1	0,68	0,22	0,22	0	0,925	-1,02	0,5
The Right side frame 1	0,68	0,22	0,22	0	0,925	1,02	0,5
Bogie-bolster 1	0,45	0,3	0,05	0,3	0,925	0	0,6
Bogie 2							
Left rail 3	0,5	0	0	0	8,66	-0,79	0
Right rail 3	0,5	0	0	0	8,66	0,79	0
Wheelset 3	1,37	1	0,1	1	8,66	0	0,475
Left rail 4	0,5	0	0	0	10,51	-0,79	0
Right rail4	0,5	0	0	0	10,51	0,79	0
Wheelset 4	1,37	1	0,1	1	10,51	0	0,475
The left side frame 2	0,68	0,22	0,22	0	9,585	-1,02	0,5
The right side frame 2	0,68	0,22	0,22	0	9,585	1,02	0,5
Bogiebolster 2	0,45	0,3	0,05	0,3	9,585	0	0,6
Body							
Body	76,5/12,3	1100/215	1050/214	75/24,6	5,255	0	1,92/1,67

Doi 10.15802/stp2014/30789

ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online)
Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2014, № 5 (53)

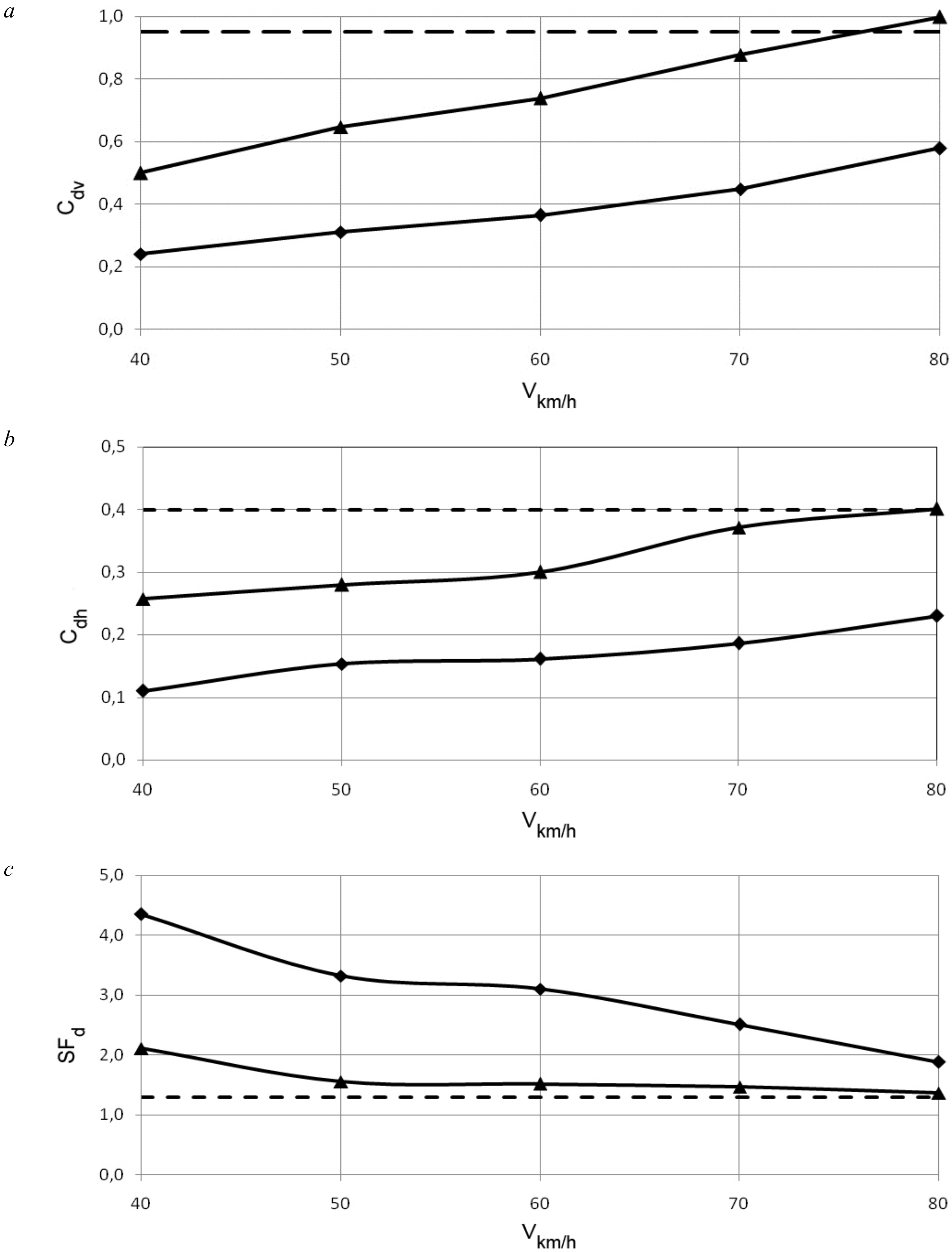


Fig. 1. Dependence graphs of the dynamic parameters of the empty gondola car on the speed movement (Direct):
a – coefficients of the vertical dynamics; *b* – coefficients of the horizontal dynamics; *c* – the safety factor

Doi 10.15802/stp2014/30789

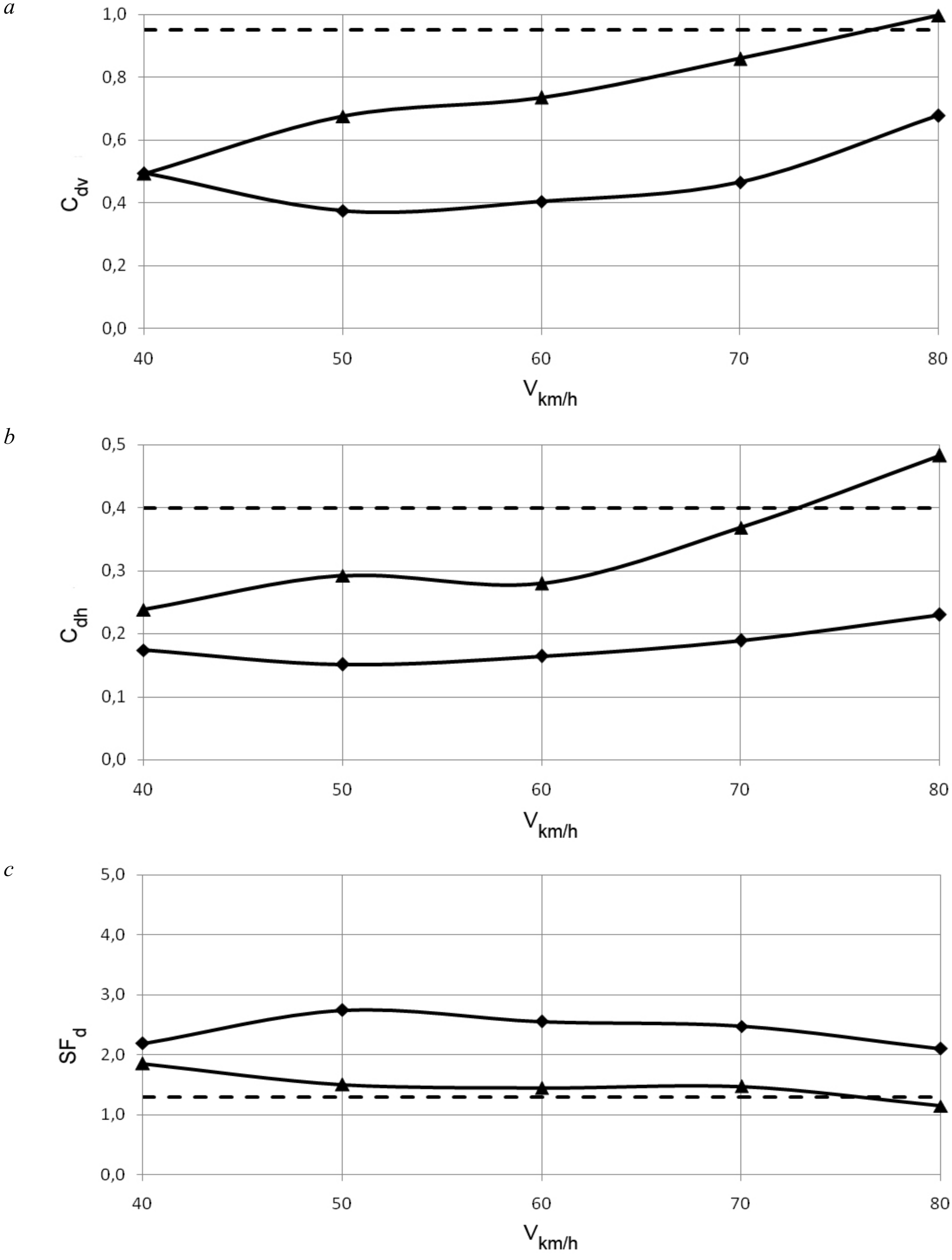


Fig. 2. Dependence graphs of the dynamic parameters of the empty gondola car on the speed movement (Curve 600 m): *a* – coefficients of vertical dynamics; *b* – coefficients of the horizontal dynamics; *c* – the safety factor

Doi 10.15802/stp2014/30789

ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online)

Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту, 2014, № 5 (53)

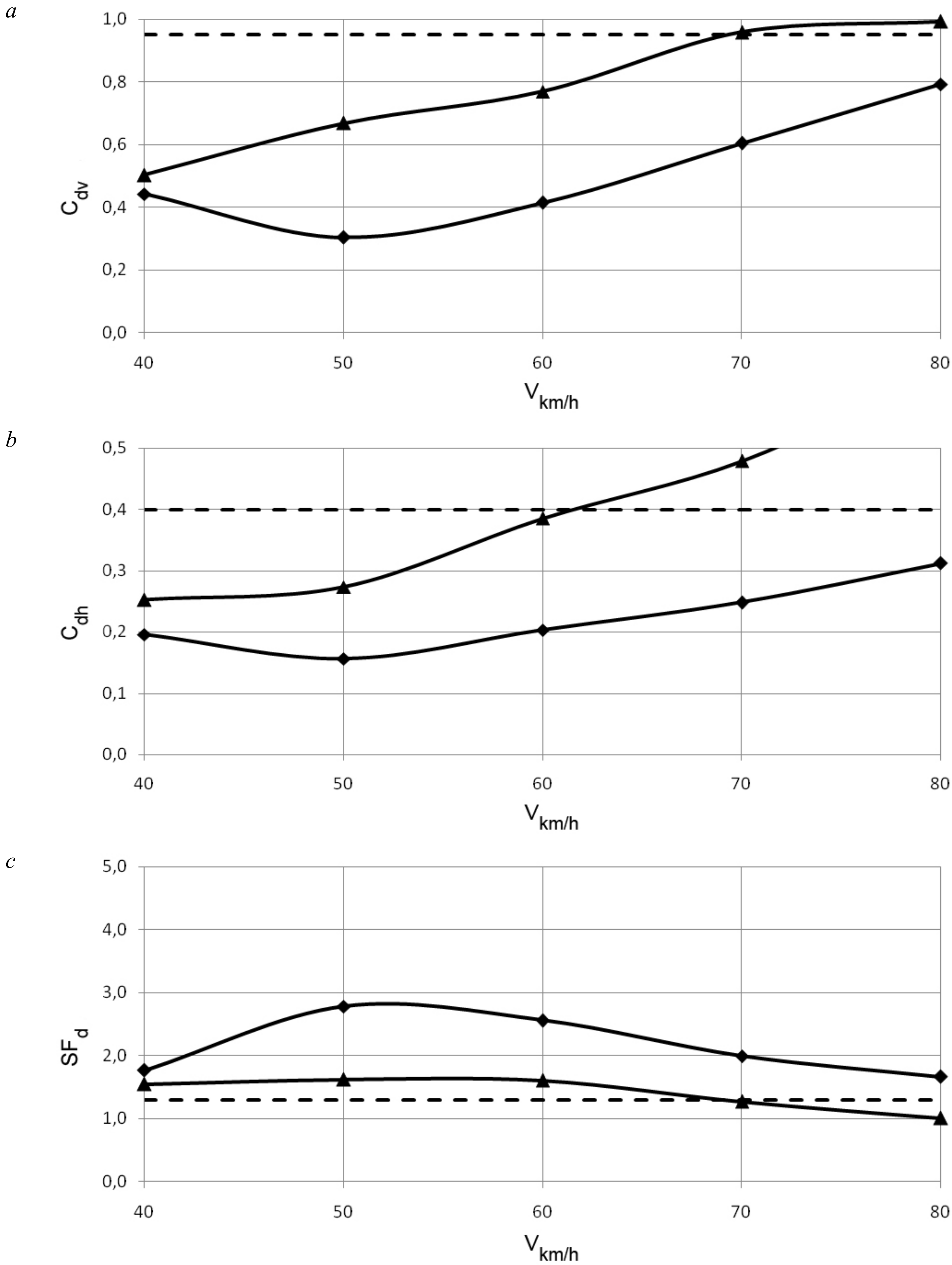


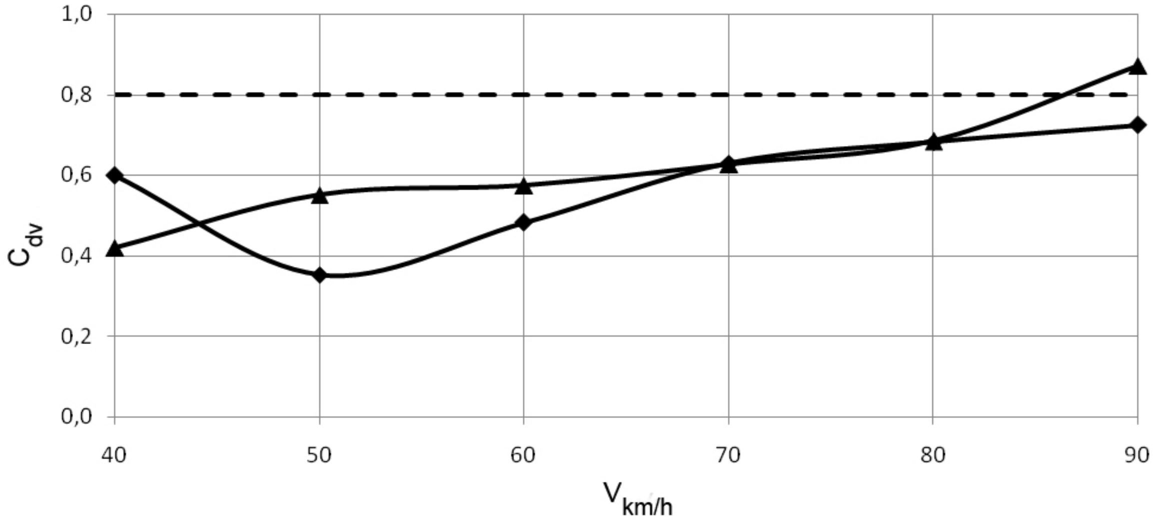
Fig. 3. Dependence graphs of the dynamic parameters of the empty gondola car on the speed movement (Curve 300 m):
a – coefficients of vertical dynamics; *b* – coefficients of the horizontal dynamics; *c* – the safety factor

Doi 10.15802/stp2014/30789

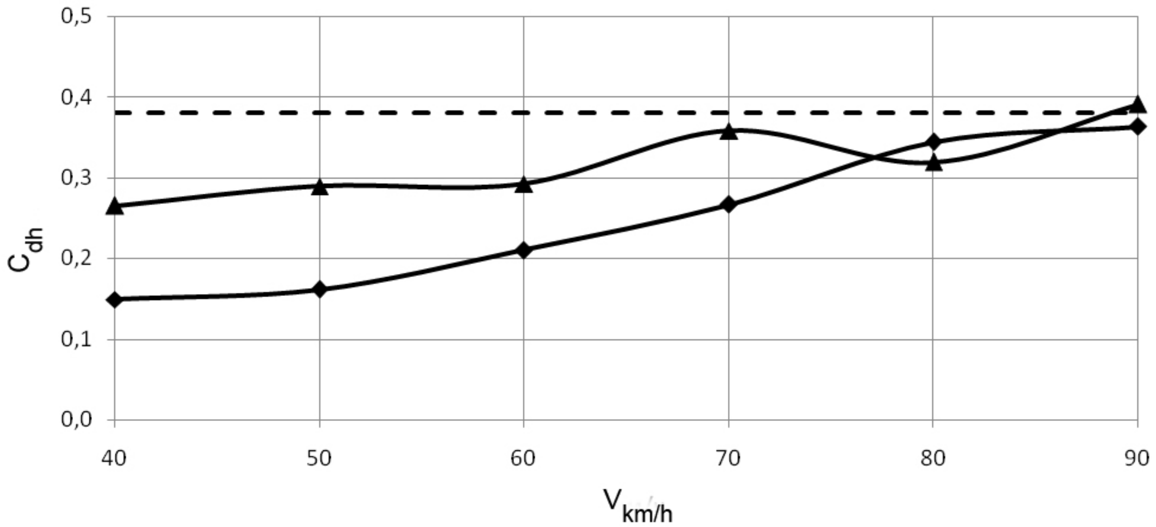
ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online)

Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2014, № 5 (53)

a



b



c

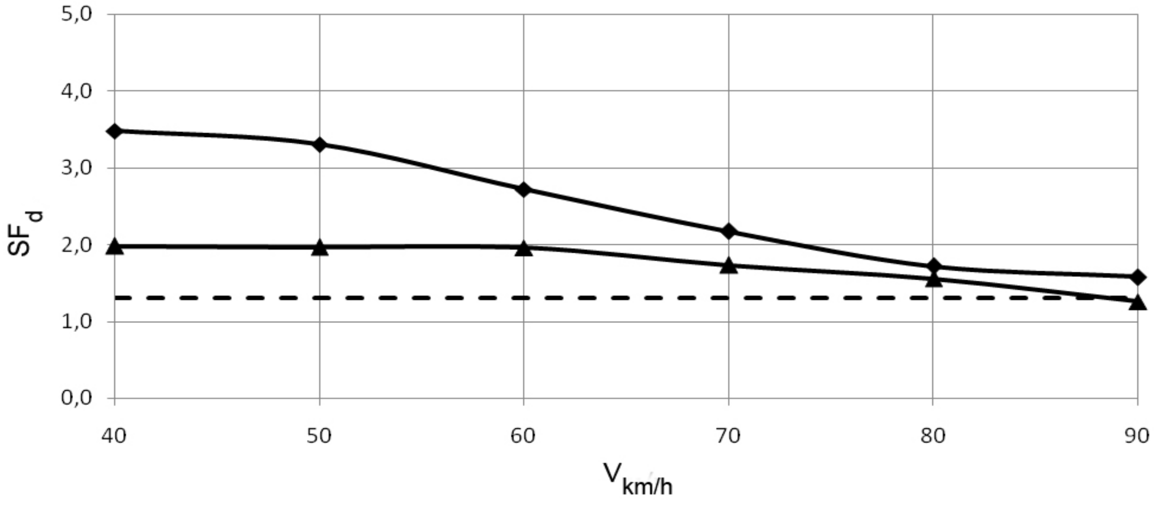


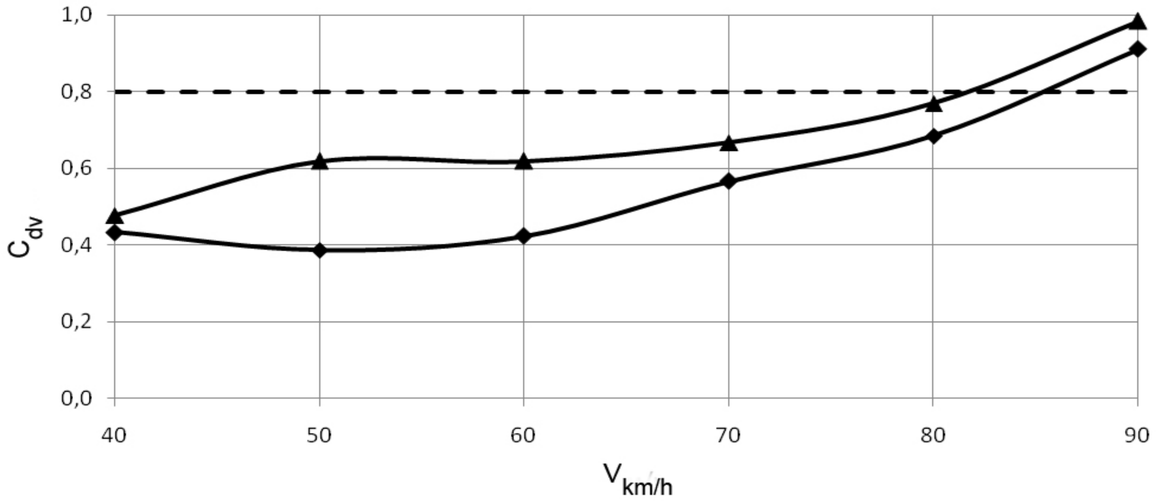
Fig. 4. Dependence graphs of the dynamic parameters of the loaded gondola car on the speed movement (Direct):
a – coefficients of vertical dynamics; *b* – coefficients of the horizontal dynamics; *c* – the safety factorfactor

Doi 10.15802/stp2014/30789

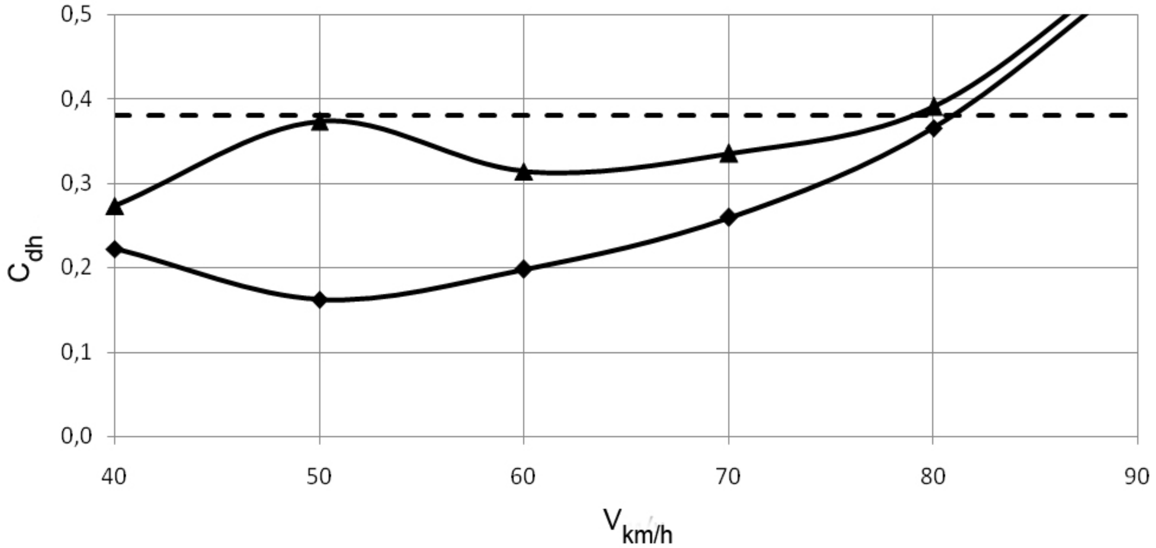
ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online)

Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту, 2014, № 5 (53)

a



b



c

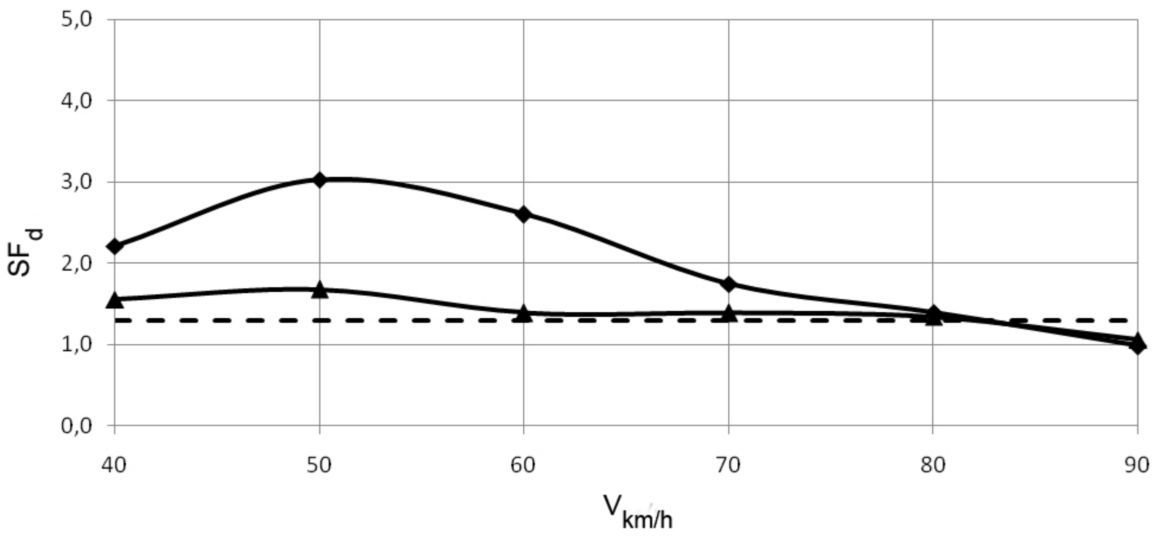


Fig. 5. Dynamic indexes of the loaded gondola car (Curve 600 m)

Doi 10.15802/stp2014/30789

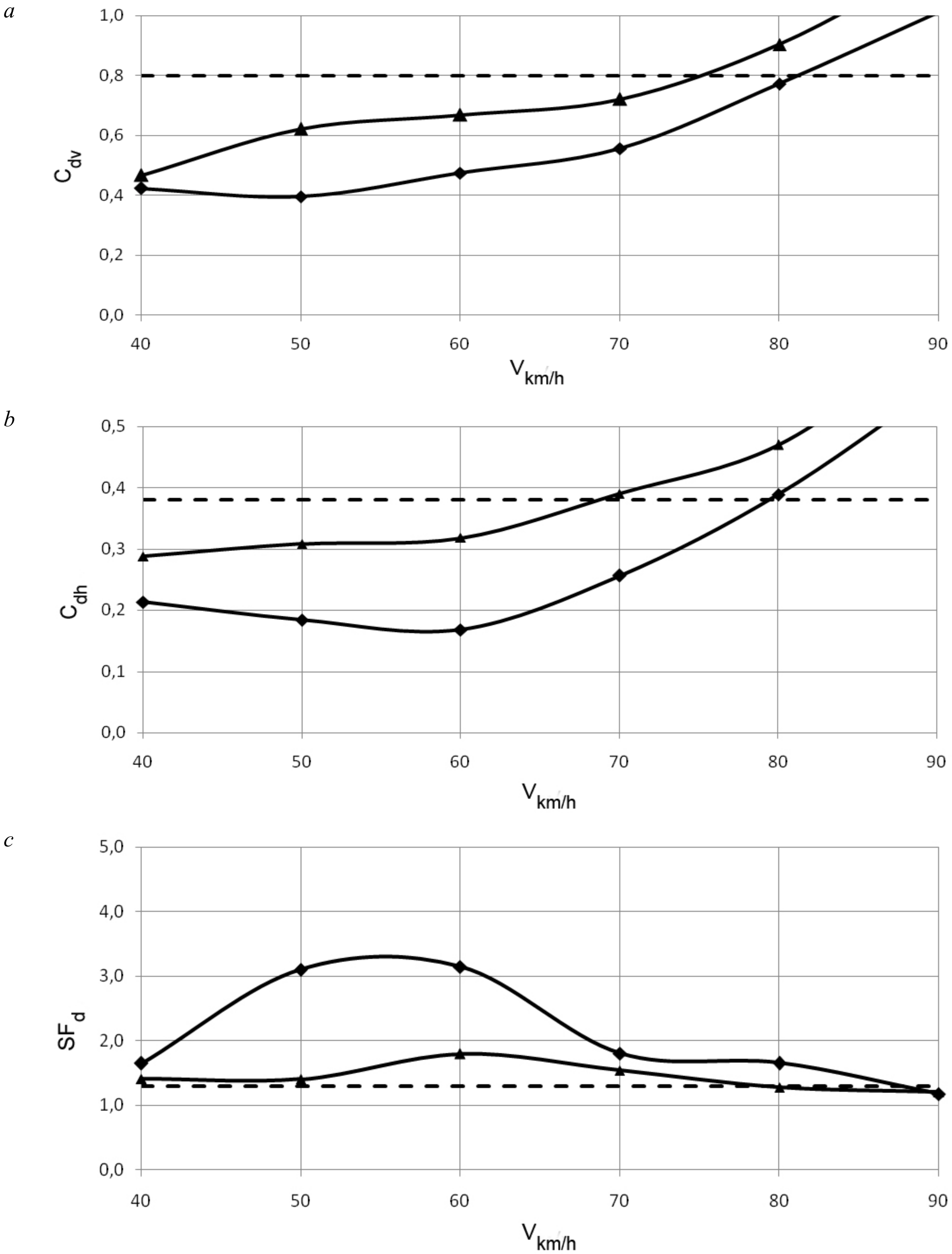


Fig. 6. Dependence graphs of the dynamic parameters of the loaded gondola car on the speed movement (Curve 600 m):
a – coefficients of vertical dynamics; *b* – coefficients of the horizontal dynamics; *c* – the safety factor

Doi 10.15802/stp2014/30789

Maximum permissible values of determined dynamic parameters for gondola cars with bogies having over axle box suspension are presented in the Table 2.

Table 2

The maximum permissible values of the main dynamic parameters for gondola cars with the bogie, model 18-1711

Index	Index value	
	Empty	Loaded
Coefficient of vertical dynamics (C_{dv})	0,95	0,8
Frame strength (fs)	0,4	0,38
Safety factor (SF)	1,4	1,4

The calculations were performed using the object-oriented programming on the program "Dynamics of Rail Vehicles" ("DYNRAIL" Myamlin S. V. registered 20.03.2003). Mathematical models of a gondola car and bogies 18-100 and 18-711 were created for the calculations [6, 8, 9].

In order to compare the obtained results calculations were performed for gondola cars on bogies of the typical model 18-100 and new bogie 18-1711.

Track irregularities in vertical and horizontal transverse planes were assigned as perturbations. They should be so that the dynamic indexes, of the widely used in operation gondola cars on bogies, model 18-100 keep in admissible range of speeds up to 80 km/h for the empty gondola car and at speeds up to 90 km/h for the loaded gondola cars.

Next, movement simulation of empty and loaded cars on straight and curved section of a track with middle (600 m) and small (300 m) radii with the above mentioned irregularities of tracks was carried out. The results of these calculations will be used as reference values for comparison of them with the results for the gondola car on the bogies, model 18-1711 [10-14].

Findings

In all the figures the results for cars on bogies 18-100 are shown by the line with a triangular marker and for cars on bogies 18-1711 – by the line with rhomboid markers.

Analysis of the results obtained during the research let us make the following conclusions:

1. The use of the spring grouping bogie with a bilinear characteristic in the central stage of suspension has improved dynamic performances of described gondola cars.

2. To a large extent dynamic performances of empty gondola cars have improved in comparison with loaded. This explains the fact that the static deflection of spring grouping in the empty gondola car is on a section characteristic with less rigidity. Dynamic performances of loaded gondola cars on bogies, model 18-1711, were improved too, though to a lesser extent.

Improving the dynamic performances is more evident in the modeling of freight gondola cars motion on a straight section of the track than at motion on curve of medium and small radii. This is due to the fact that the dynamic performances of gondola cars during motion on curves are largely determined by the centrifugal forces that operate on cars.

Originality and practical value

Firstly calculations to determine the dynamic performances of gondola cars with bogies, model 18-1711 during its motion on straight and curved sections of the track were carried out. At the same time the assessment of dynamic characteristics of a gondola car was made and the following regulatory dynamic performances were identified: the coefficient of the vertical dynamics (C_{dv}), the coefficient of horizontal dynamics (C_{dh}), and the stability factor against derailment (SF_d). The use of bogies with bilinear characteristic of the central suspension will improve the dynamic performances of gondola cars, currently operating on bogies, model 18-100. And by improving the dynamic performances it may increase the permissible speed of these cars.

Conclusions

Analysis of the calculations results and comparison of dynamic parameters of the gondola car with bogies 18-1711 and the gondola car with bogies 18-100 shows that the bilinear characteristic of the central suspension of freight car bogie has a positive effect on its dynamic performances both during motion on a straight sector and in the curved sections of the track. Besides the dynamic performances improvements are more pronounced in the gondola car in empty state. Thus, the use of bogies 18-1711 with bilinear characteristic of the central suspension for gondola cars will enable to

Doi 10.15802/stp2014/30789

increase the maximum permissible motion speeds in unloaded state, which is very actual for modern railway transportations.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Бубнов, В. М. Воздействие на путь грузовых вагонов на тележках моделей 18-1711 с разной конструкцией клина рессорного подвешивания / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич // Трансп. Рос. Федерации. – 2013. – № 3. – С. 36–38.
2. Коваленко, А. В. Силовое взаимодействие пути и грузового вагона с упругими связями колесных пар с рамой тележки : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.22.07 / Коваленко Александр Владимирович. – М. : ВНИИЖТ, 2006. – 28 с.
3. Конструирование и расчет вагонов : учебник / В. В. Лукин [и др.] ; под ред. П. С. Анисимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ФГОУ УМЦ ЖДТ, 2011. – 688 с.
4. Моделирование пространственных колебаний поезда / С. В. Мямлин, Е. А. Письменный, В. В. Жижко, И. В. Юрцевич // Вестн. ВНИИЖТа. – 2008. – № 3. – С. 45–47.
5. Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей / С. В. Мямлин. – Д. : Новая идеология, 2002. – 240 с.
6. Объектно-ориентированная математическая модель пространственных колебаний рельсовых экипажей / А. Н. Пшинько, С. В. Мямлин, В. И. Приходько, Е. А. Письменный // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2005. – Вип. 7. –С. 87–90.
7. Параметры тележки грузового вагона и безопасность движения / И. И. Галиев, В. А. Нехаев, В. А. Николаев, Г. И. Давыдов // Ж.-д. трансп. – 2003. – № 3. – С. 36–40.
8. Свидельство о регистрации авторского права на произведение № 7305. Компьютерная программа «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL») / С. В. Мямлин ; зарег. 20.03.2003. – 1 с.
9. 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. doi: 10.1080/00423110600872341.
10. Bubnov, V. M. Dynamic performance of freight cars on bogies model 18-1711 / V. M. Bubnov, S. V. Myamlin, N. B. Mankevych // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2013. – № 4. – С. 118–126.
11. Determination of dynamic performance of freight cars taking into account technical condition of side bearers / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets / Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2013. – № 1. – С. 162–169.
12. Garg, V. K. Dynamics of Railway Vehicle Systems / V. K. Garg, R. V. Dukkipati. – New York : Academic Press, 1984. – 407 p.
13. Guidelines to best practices for heavy haul railway operations: wheel and rail interface issues. – Virginia Beach, Va : Intern. Heavy Haul Association, 2001. – 408 p.
14. On measuring vertical forces in freight car bogies / O. Pshin'ko, L. Manashkin, B. Bodnar, S. Myamlin // Vehicle system dynamics, identification and anomalies (8.11–10.11.2004) : Proc. of 9th mini Conf. – Budapest, 2004. – P. 11–12.

С. В. МЯМЛІН[1], В. М. БУБНОВ[2], Є. О. ПИСЬМЕННИЙ[3*]

[1]Каф. «Вагони та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 84 98, ел. пошта sergeymyamlin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304
[2]ТОВ «Головне спеціалізоване конструкторське бюро вагонобудування ім. Валерія Михайловича Бубнова», пл. Машинобудівників, 1, Донецька обл., Маріуполь, Україна, 87535, тел. +38 (0629) 56 08 67, ел. пошта bubnov@azovmash.com, ORCID 0000-0002-5896-801X
[3*]Науково-дослідний інститут рухомого складу, колії та транспортних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 33 55 38, ел. пошта diit_ndi@ua.fm, ORCID 0000-0003-1957-0292

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІВВАГОНІВ НА ПЕРСПЕКТИВНИХ ВІЗКАХ

Мета. У роботі необхідно дослідити динамічні якості піввагону з візками моделі 18-1711 при його русі по прямолінійних і криволінійних ділянках колії. **Методика.** Розрахунки проводилися за допомогою об'єктно-орієнтованого програмування на програмі «Dynamics of Rail Vehiles» («DYNRAIL» Мямлін С. В. заре-

Doi 10.15802/stp2014/30789

єстр. 20.03.2003 р.). Для розрахунків були створені математичні моделі піввагона та візків 18-100 і 18-1711. **Результати**. Виконано порівняння динамічних показників піввагону з візками 18-1711 та піввагону з візками 18-100, отриманих розрахунковим шляхом. **Наукова новизна.** Вперше виконано розрахунки по визначенню динамічних якостей піввагону з візками 18-1711 при його русі по прямолінійних і криволінійних ділянках колії. При цьому була виконана оцінка динамічних характеристик піввагона і визначено такі нормативні динамічні показники: коефіцієнт вертикальної динаміки ($К_{дв}$), коефіцієнт горизонтальної динаміки ($К_{дг}$), коефіцієнт стійкості від сходу коліс з рейок ($К_{у}$). В якості збурень були задані геометричні нерівності колії у вертикальній і горизонтальній поперечній площинах, такі, щоб динамічні показники широко використову-ваного в експлуатації піввагону на візках моделі 18-100 вкладалися в допустимий діапазон при швидкостях руху до 80 км/год для порожнього піввагону і при швидкостях до 90 км/год для навантаженого піввагону. **Практична значимість.** У результаті проведених розрахунків і порівняння їх результатів було встановлено, що застосування візків із білінійною характеристикою центрального підвішування дозволить поліпшити динамічні показники піввагонів, експлуатованих у даний час на візках моделі 18-100. І за рахунок поліпшення динамічних показників можливе збільшення допустимих швидкостей руху цих вагонів.

Ключові слова: динамічні якості піввагона; візок моделі 18-1711; динамічні показники піввагона

С. В. МЯМЛИН[1], В. М. БУБНОВ[2], Е. А. ПИСЬМЕННЫЙ[3*]

1Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 84 98, эл. почта sergeymyamlin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304
2ООО «Главное специализированное конструкторское бюро вагоностроения им. Валерия Михайловича Бубнова», пл. Машиностроителей, 1, Донецкая обл., г. Мариуполь, Украина, 87535, тел. +38 (0629) 56 08 67, эл. почта bubnov@azovmash.com, ORCID 0000-0002-5896-801X
3*Научно-исследовательский институт подвижного состава, пути и транспортных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (0562) 33 55 38, эл. почта diit_ndi@ua.fm, ORCID 0000-0003-1957-0292

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУВАГОНОВ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕЛЕЖКАХ

Цель. В работе необходимо исследовать динамические качества полувагона с тележками модели 18-1711 при его движении по прямолинейным и криволинейным участкам пути. **Методика.** Расчеты производились с помощью объектно-ориентированного программирования на программе «Dynamics of Rail Vehiles» («DYNRAIL» Мямлин С. В. зарегестр. 20.03.2003 г.). Для расчетов были созданы математические модели полувагона и тележек 18-100 и 18-1711. **Результаты.** Выполнено сравнение динамических показателей полувагона с тележками 18-1711 и полувагона с тележками 18-100, полученных расчетным путем. **Научная новизна.** Впервые выполнены расчеты по определению динамических качеств полувагона с тележками 18-1711 при его движении по прямолинейным и криволинейным участкам пути. При этом была выполнена оценка динамических характеристик полувагона и определены следующие нормативные динамические показатели: коэффициент вертикальной динамики ($К_{дв}$), коэффициент горизонтальной динамики ($К_{дг}$), коэффициент устойчивости от схода колес с рельсов ($К_{у}$). В качестве возмущений были заданы геометрические неровности пути в вертикальной и горизонтальной поперечной плоскостях, такие, чтобы динамические показатели широко используемого в эксплуатации полувагона на тележках модели 18-100 укладывались в допустимый диапазон при скоростях движения до 80 км/ч для порожнего полувагона и при скоростях до 90 км/ч для груженого полувагона. **Практическая значимость.** В результате проведенных расчетов и сравнения их результатов было установлено, что применение тележек с билинейной характеристикой центрального подвешивания позволит улучшить динамические показатели полувагонов, эксплуатируемых в настоящее время на тележках модели 18-100. И за счет улучшения динамических показателей возможно увеличение допустимых скоростей движения этих вагонов.

Ключевые слова: динамические качества полувагона; тележка модели 18-1711; динамические показатели полувагона

REFERENCES

1. Bubnov V.M., Myamlin S.V., Mankevich N.B. Vozdeystviye na put gruzovykh vagonov na telezhkakh modeley 18-1711 s raznoy konstruktsiyey klina ressornogo podveshivaniya [Impact on the track of freight cars on

Doi 10.15802/stp2014/30789

bogies, a model 18-1711 with different design of the wedge spring suspension]. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Russian Federation Transport*, 2013, no. 3, pp. 36-38.

2. Kovalenko A.V. *Silovoye vzaimodeystviye puti i gruzovogo vagona s uprugimi svyazyami kolesnykh par s ramoy telezhki.* Avtoreferat Diss. [Force interaction of a track and a freight car with elastic constraints of wheelsets with a bogie frame. Author's abstract]. Moscow, VNIIZhT Publ., 2006. 28 c.
3. Lukin V.V., Anisimov P.S. *Konstruirovaniye i raschet vagonov* [Design and calculation of cars]. Moscow, FGOU UMTs ZhDT Publ., 2011. 688 c.
4. Myamlin S.V., Pismennyy Ye.A., Zhizhko V.V., Yurtsevich I.V. Modelirovaniye prostranstvennykh kolebaniy poyezda [Modeling the spatial fluctuations of the train]. *Vestnik VNIIZhTa – Bulletin of VNIIZhT*, 2008, no. 3, pp. 45-47.
5. Myamlin S.V. *Modelirovaniye dinamiki relsovykh ekipazhey* [Simulation of railway vehicles dynamics]. Dnipropetrovsk, Novaya ideologiya Publ., 2002. 240 c.
6. Pshinko A.N., Myamlin S.V., Prikhodko V.I., Pismennyy Ye.A. Obyektno-oriyentirovannaya matematicheskaya model prostranstvennykh kolebaniy relsovykh ekipazhey [Object-oriented mathematical model of spatial oscillations of railway vehicles]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2005, issue 7, pp. 87-90.
7. Galiyev I.I., Nekhayev V.A., Nikolayev V.A, Davydov G.I. Parametry telezhki gruzovogo vagona i bezopasnost dvizheniya [Options of a freight car bogie and traffic safety]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport*, 2003, no. 3, pp. 36-40.
8. Myamlin S.V. *Svidelstvo o registratsii avtorskogo prava na proizvedeniye № 7305. Kompyuternaya programma «Dynamics of Rail Vehicles» («DYN-RAIL»)* [Certificate of copyright registration for a paper no. 7305. Computer program «Dynamics of Rail Vehicles» («DYN-RAIL»)]. Registered, 20.03.2003. 1 p.
9. 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. doi. 10.1080/00423110600872341.
10. Bubnov V.M., Myamlin S.V., Mankevych N.B. Dynamic performance of freight cars on bogies model 18-1711. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu − Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2013, no. 4, pp. 118-126.
11. Myamlin S., Neduzha L., Ten O., Shvets A. Determination of dynamic performance of freight cars taking into account technical condition of side bearers. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu − Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport,* 2013, no. 1, pp. 162-169.
12. Garg V.K., Dukkipati R.V. Dynamics of Railway Vehicle Systems. New York, Academic Press Publ., 1984. 407 p.
13. Guidelines to best practices for heavy haul railway operations: wheel and rail interface issues. Virginia Beach, Va, Intern. Heavy Haul Association Publ., 2001. 408 p.
14. Pshin'ko O., Manashkin L., Bodnar B., Myamlin S. On measuring vertical forces in freight car bogies. Proc. of 9th mini Conf. «Vehicle system dynamics, identification and anomalies». Budapest, 2004, pp. 11-12.

Prof. Afanasov A. M., D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published

Received: June 09, 2014
Accepted: Aug. 21, 2014

