

UDC 629.45/.46.077-048.24

Q. J. REIDEMEISTER^{1*}, V. YU. SHAPOSHNYK^{2*}

^{1*}Dep. «Car and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

^{2*}Laboratory «Cars», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail v.sh91@mail.ru, ORCID 0000-0003-4701-6491

DETERMINATION OF STOPPING DISTANCE OF UNPOWERED ROLLING STOCK BY METHOD OF SEQUENTIAL BRAKING

Purpose. In the paper it is necessary to estimate the determination accuracy of a car stopping distance during the test by the method of sequential braking. The method of sequential braking is applied for experimental evaluation of the stopping distances. Unlike the abandonment method when a sample car is disconnected from the tractive connection and they record the stopping distance of a single car from the moment of uncoupling to the moment of stop, the method of sequential braking involves stopping distance measurement of the tractive connection, the integrity of which in the course of the test is not affected, but its set (locomotive, locomotive with the track test car or with a sample car) at the different stages of the test is changed. Direct measuring of the stopping distance of a sample car is not possible using this way, it requires calculating of the stopping distance values of the tractive connection. This adversely affects the accuracy of the result, but it can increase the safety level of the test. **Methodology.** To evaluate the accuracy researches have conducted the numerical experiment, which simulated experimental processing of stopping distance values. An error was found by giving disturbance of basic data (stopping distance of tractive connection of different configuration) and analyzing the resulted scatter of readings (stopping distance of a single car). **Findings.** The study proved: 1) the relative error of car stopping distances value, with relative error of basic data 1%, made 3.3-19.7% (depending on the tractive connection variant). 2) the proposed ways of error reduction (without track test car, less-weighted-locomotive use) allowed declining the error to 2.15-5.1%. **Originality.** The methodology of error estimation of car stopping distances determination under tests by the method of sequential braking was proposed. **Practical value.** Work results make it possible to replace the running brake tests by the abandonment method, under which the integrity of tractive connections is broken, with safer testing by the method of sequential braking, providing the level of result accuracy of 2-5%.

Keywords: stopping distance; abandonment method; method of sequential braking; sample tractive connection; error

Introduction

In the current regulatory documents [8] one of the effectiveness criteria of the car automatic brake is considered stopping distance. Stopping distance is the distance traveled by train from the moment of shift of brake valve handle or emergency valve into the braking position to the full stop of train [5, 12]. The stopping distance is determined by means of field experiment [14, 1]. For the test there is formed a sample traction unit of a locomotive, a track test car and a single car. It is allowed conducting the test without a track test car if its functions are performed by the lead locomotive. The value of the stopping distance is assumed the track traveled by car from the moment of uncoupling from a sample tractive connection to the

complete stop. This method of determining the stopping distance was called the «abandonment» method. In cases when the integrity of the tractive connection must not be broken, the method of sequential braking is used. One conducts a series of braking with a sample tractive connection, consisting of a locomotive, a track test car, and, if necessary, a sample car, with recording of braking distance. The values of the tractive connection stopping distance with a sample car and without it are used to calculate the stopping distance of a single car [2, 10]. The literature focuses on the method of sequential braking during unpowered rolling stock testing [3, 6]. According to the requirements of regulatory documents [8] the value of target brake application speed is selected from a range of 60 km/h and further at intervals of 20 km/h till the

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

design speed. The tools for speed and stopping distance measurement should meet the following requirements listed in Table 1.

Table 1
Permissible absolute error of measuring equipment while determining the stopping distance [8]

Type of measurement	Error, not more
Running speed	±0.2 km/h
Stopping distance	± 0.5 %

Purpose

To estimate the determination accuracy of a car stopping distances during the test by the method of sequential braking.

Methodology

Determination of the stopping distance of the sample car by method of sequential braking can be carried out according to the presented method. When there are set speeds one calculates the braking force of the locomotive or the tractive connection locomotive-track-test-car (L) and the tractive connection with a sample car (L-SC). Having processed the stopping distance results we determine the braking force L and L-SC by the formula:

$$B_i = \frac{E_i}{S_i} - W_i, \quad (1)$$

where E_i – kinetic energy; S_i – braking length; W_i – resistance to movement; i – index indicating the set of tractive connection.

Kinetic energy is determined by the formula [4]

$$E_i = \frac{Q_i(1 + \gamma)V_b^2}{2g}, \quad (2)$$

where Q_i – weight; V_b – velocity at the beginning of braking; g – gravitation acceleration, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$; γ – coefficient taking into account the steadying effect.

The coefficient γ assume as [9]

- Locomotive – 0.25;
- Passenger car 0.5;
- Freight car:
- Loaded – 0.08;
- Empty – 0.04.

For coupled unit the coefficient γ is determined by formula:

$$\gamma = \frac{\sum Q_i \gamma_i}{\sum Q_{tc}}, \quad (3)$$

where Q_{tc} – weight of tractive connection.

Resistance to movement is determined by the formula

$$W_i = \sum w_i Q_i, \quad (4)$$

where w_i – specific resistance to movement

$$w_i = 0.4w_{V_b} + 0.6w_{V_e}, \quad (5)$$

where w_{V_b} , w_{V_e} – basic specific resistance to movement at speeds at the beginning and at the end of braking, respectively [5, 12].

The braking force of a sample car is determined by the formula

$$B_{sc} = B_{L-sc} - B_L, \quad (6)$$

The braking length of the test car is calculated by the formula:

$$S_s = \frac{E_{sc}}{(B_{sc} + W_{sc})}, \quad (7)$$

To verify the proposed method there were conducted the calculations of stopping distance of the tractive connection with the sample car and without it, and of the sample car separately by the typical method [11]. Then the obtained values for the tractive connections were used as input data to determine the stopping distance of sample car by the expressions (1-7). The results are shown in Table 2. The parameters of locomotives and cars are given in Table 3.

The values of stopping distance for different configurations of sample tractive connection shown in Table 4 were obtained at the initial braking speed of 120 km/h.

Table 2

The stopping distance of tractive connection by the method [11]

Tractive connection *	Stopping distance, m
1	2
VL80	
VL80(ci)	1 060.35

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

End of table 2

Tractive connection *	Stopping distance, m
1	2
VL80(ciph)	963.19
VL80-SC:	
VL80(ci)-SC(ci, l):	1 205.78
VL80(ci)-SC(ci, e):	1 035.25
VL80(ciph)-SC(c, l):	865.28
VL80(ciph)-SC(c, e):	820.24
VL80-TC	
VL80(ci)-TC(ci)	990.53
VL80-TC-SC:	
VL80(ci)-TC(ci)- SC(ci, l):	1 115.61
VL80(ci)-TC(ci)- SC(ci, e):	976.69
ChS1	
ChS1 (ci)	975.97
ChS1 (ciph)	885.9
ChS1-SC:	
ChS1(ci)-SC(ci, l):	1 248.8
ChS1(ci)-SC(ci, e):	948.09
ChS1(ciph)-SC(c, l):	783.835
ChS1(ciph)-SC(c, e):	680.51

Note: *VL80, ChS1 is the locomotive model (the letters in brackets indicate the type of brake shoes – cast-iron «ci» or cast-iron with a high content of phosphorus, «ciph»); TC – track test car (based on passenger car with composite brake shoes); SC – sample freight car (gondola car, letters in brackets indicate the type of brake shoes – cast-iron «ci» or composite «c» and car loading – laden «l» or empty «e»).

Table 3

Weight and total braking effort of locomotives and cars [7, 13]

Type of rolling stock	Estimated weight, t	Total braking effort, tf
Locomotive:		
- VL80	184	112
- ChS1	84	56
Track test car	56	40
Sample car:		
empty	22	14
loaded	88	28

Table 4

Stopping distance of a sample car by the method of «sequential braking»

Tractive connection	Stopping distance of a sample car by the method [8], m	Calculated stopping distance of a sample car, m	Discrepancy of the stopping distance value by the method, %
1	2	3	4
VL80-SC:			
VL80(ci)-SC(ci,l):	1 806.9	1 804.8	0.12
VL80(ci)-SC(ci,e):	839.5	839.69	0.02
VL80(ciph)-SC(c,l):	689.5	694.4	0.705
VL80(ciph)-SC(c,e):	327.7	329.84	0.6
VL80-TC-SC			
VL80(ci)-TC(ci)-SC(ci, e)	1806.9	1809.9	0.16
VL80(ci)-TC(ci)-SC(ci, l)	839.5	832.85	0.79
ChS1-SC			
ChS1(ci)-SC(ci, l)	1 806.9	1 806.9	0
ChS1(ci)-SC(ci, e)	839.5	839.6	0.01
ChS1(ciph)-SC(c,l)	689.5	695.35	0.84
ChS1(ciph)-SC(c,e)	327.7	330.0	0.81

The discrepancy between the stopping distance of a sample car by the method of «sequential braking» and the stopping distance value by the typical method does not exceed 0.84%, so I think the method accuracy is sufficient.

Every testing implies the measurement error. Evaluation of the error impact on the final results is shown in Table 5. The error was introduced into the original data and then increased. The evaluation was conducted during the simulation of 100 braking operations.

The error reduction at the input from 1% to 0.5% will result in double decreased error at the output (stopping distance of the car).

Table 5

Effect of tractive connection stopping distance measurement error on the car stopping distance

Tractive connection	Error ratio of stopping distance of a single car with a relative error of tractive connection 1%
VL80-SC:	
VL80(ci)-SC(ci, l):	7
VL80(ci)-SC(ci, e):	10
VL80(ciph)-SC(c, l):	3.3
VL80(ciph)-SC(c, e):	5.8
VL80-TC-SC	
VL80(ci)-TC(ci)-SC(ci, e)	7.9
VL80(ci)-TC(ci)-SC(ci, l)	19.7
ChS1-SC	
ChS1(ci)-SC(ci, l):	5.7
ChS1(ci)-SC(ci, e):	3.9
ChS1(ciph)-SC(c, l):	3.27
ChS1(ciph)-SC(c, e):	2.15

Findings

1) The relative error of car stopping distances value, with relative error of basic data 1%, made 3.3-19.7% (depending on the tractive connection variant);

2) The proposed ways of error reduction (without track test car, less-weighted-locomotive use) allowed declining the error to 2.15-5.7%.

Originality and practical value

The methodology of error estimation of car stopping distances determination under tests by the method of sequential braking was proposed. Work results make it possible to replace the running brake tests by the abandonment method, under which the integrity of tractive connections is broken, with safer testing by the method of sequential braking, providing the level of result accuracy of 2-5%.

Conclusions

The conducted research allows making the following conclusions:

1) An alternative to the method of «abandonment» in determining the effectiveness of the

car brakes empirically during the train testing should become the method of «sequential braking».

2) Further work should be focused on determining the ways to reduce the impact of cumulative error on the stopping distance of a sample car.

3) The proposed test method requires experimental confirmation.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Бабаєв, А. М. Принцип дії, розрахунок та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць / А. М. Бабаєв, Д. В. Дмитрієв. – Київ : КУЕТТ, 2007. – 176 с.
2. Блохин, Е. П. Исследование продольной нагруженности длинносоставных грузовых поездов при торможении / Е. П. Блохин, Л. В. Урсуляк, Я. Н. Романюк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 38. – С. 7–16.
3. Водяников, Ю. Я. Исследования эффективности тормозных систем грузовых вагонов методом последовательных торможений / Ю. Я. Водяников, В. С. Речкалов, С. В. Мурчков // Вагонный парк. – 2010. – № 8. – С. 26–27.
4. Галай, Э. И. Тормозные системы железнодорожного транспорта. Конструкция тормозного оборудования : учеб. пособие / Э. И. Галай, Е. Э. Галай. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 316 с.
5. Гребенюк, П. Т. Правила тормозных расчетов / П. Т. Гребенюк // Сб. науч. тр. / ВНИИЖТ. – Москва : Интекст, 2004. – 112 с.
6. Грищенко, С. Г. Методика гальмових випробувань залізничного немоторного рухомого складу / С. Г. Грищенко, П. Ю. Крамаренко, В. П. Степанова // Заліз. трансп. України. – 2009. – № 1. – С. 12–14.
7. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 : (зі змін та допов. згідно з наказом №312-Ц від 07.06.2001 р.). – Київ : Транспорт України, 2002. – 145 с.
8. НБ ЖТ ЦВ 01–98. Вагоны грузовые железнодорожные. Нормы безопасности. – Москва : МПС России, 1998. – 18 с.
9. Осипов, С. И. Основы тяги поездов : учебник для студ. техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / С. И. Осипов, С. С. Осипов. – Москва : УМК МПС России, 2000. – 592 с.
10. Типовой расчет тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. – Москва : МПС РФ : ВНИИЖТ, 1996. – 48 с.
11. Усовершенствование методов эффективности тормозов вагонов / А. Н. Пшинько, С. В. Мям-

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

- лин, В. И. Приходько [и др.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту. залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 7. – С. 74–78.
12. Identification of a wheel–rail adhesion coefficient from experimental data during braking tests / M. Malvezzi, L. Pugi, S. Papini [et al.] // Proc. of the Institution of Mechanical Engineers. Part F : J. of Rail and Rapid Transit. – 2012. – Vol. 227. – Iss. 2. – P. 128–139. doi: 10.1177/0954409712458490.
13. Railway freight and passenger train brake inspection and rules : TC O 0-184. – Ottawa : Railway Association of Canada, 2013. – 20 p.
14. Szczepaniak, C. Some problems of vehicles brakes and braking / C. Szczepaniak, J. Grabowski, A. Szosland // Vehicle System Dynamics : Intern J. of Vehicle Mechanics and Mobility. – 1988. – Vol. 17. – Suppl. 1. – P. 465–468. doi: 10.1080/00423118808969287.

О. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР^{1*}, В. Ю. ШАПОШНИК^{2*}

^{1*}Каф. «Вагони та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел +38 (056) 373 15 19, ел. пошта reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

^{2*}Галузева науково-дослідна лабораторія «Вагони», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел +38 (056) 373 15 19, ел. пошта v.sh91@mail.ru, ORCID 0000-0003-4701-6491

ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМОВОГО ШЛЯХУ НЕСАМОХІДНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНИХ ГАЛЬМУВАНЬ

Мета. В роботі необхідно оцінити точність визначення гальмового шляху вагона при проведенні випробувань методом послідовних гальмувань. Метод послідовних гальмувань застосовується для експериментальної оцінки гальмового шляху вагона. На відміну від методу «кидання», коли дослідний вагон від'єднується від зчепу та реєструється гальмовий шлях одиночного вагона з моменту відчеплення до зупинки, метод послідовних гальмувань передбачає вимірювання гальмового шляху зчепу, цілісність якого в процесі експерименту не порушується, але на різних стадіях експерименту змінюється його склад (локомотив, локомотив із вагоном-лабораторією або з дослідним вагоном). Безпосередньо виміряти гальмовий шлях дослідного вагона таким способом не вдається, доводиться обчислювати його за значеннями гальмового шляху зчепу. Це негативно позначається на точності результату, зате дозволяє підвищити рівень безпеки проведення випробувань. **Методика.** Для оцінки точності дослідники провели чисельний експеримент, який моделює обробку експериментальних значень гальмового шляху. Похибку знайшли, задаючи обурення вихідних даних (гальмові шляхи зчепів різної конфігурації) та аналізуючи викликаний цим розкид результатів (гальмового шляху одиночного вагону). **Результати.** Дослідженням доведено: 1) значення відносної похибки гальмового шляху вагона при відносній похибці вихідних даних в 1 % склало 3,3–19,7 % (залежно від варіанту формування зчепу); 2) запропоновані засоби зменшення похибки (виключення вагона-лабораторії, використання локомотива з меншою вагою) дозволили знизити її до 2,15–5,1 %. **Наукова новизна.** Авторами запропонована методика оцінки похибки визначення гальмового шляху вагона при випробуваннях методом послідовних гальмувань. **Практична значимість.** Результати роботи дозволяють замінити ходові гальмові випробування методом «кидання», при яких порушується цілісність зчепу, на більш безпечні випробування методом послідовних гальмувань, забезпечивши рівень точності результатів 2–5 %.

Ключові слова: гальмовий шлях; метод «кидання»; метод послідовних гальмувань; дослідний зчеп; похибка

А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР^{1*}, В. Ю. ШАПОШНИК^{2*}

^{1*}Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел +38 (056) 373 15 19, эл. почта reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

^{2*}Отраслевая научно-исследовательская лаборатория «Вагоны», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел +38 (056) 373 15 19, эл. почта v.sh91@mail.ru, ORCID 0000-0003-4701-6491

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОРМОЗНОГО ПУТИ НЕСАМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ТОРМОЖЕНИЙ

Цель. В работе необходимо оценить точность определения тормозного пути вагона при проведении испытаний методом последовательных торможений. Метод последовательных торможений применяется для экспериментальной оценки тормозного пути вагона. В отличие от метода «бросания», когда опытный вагон отсоединяется от сцепа и регистрируется тормозной путь одиночного вагона с момента отцепки до остановки, метод последовательных торможений предусматривает измерение тормозного пути сцепа, целостность которого в процессе эксперимента не нарушается, но на разных стадиях эксперимента меняется его состав (локомотив, локомотив с вагоном-лабораторией, или с опытным вагоном). Непосредственно измерить тормозной путь опытного вагона таким способом не удается, приходится вычислять его по значениям тормозного пути сцепа. Это отрицательно сказывается на точности результата, зато позволяет повысить уровень безопасности проведения испытаний. **Методика.** Для оценки точности исследователи провели численный эксперимент, моделирующий обработку экспериментальных значений тормозного пути. Погрешность нашли, задавая возмущения исходных данных (тормозные пути сцепов различной конфигурации) и анализируя вызванный этим разброс результатов (тормозного пути одиночного вагона). **Результаты.** Исследованием доказано: 1) значение относительной погрешности тормозного пути вагона при относительной погрешности исходных данных в 1 % составило 3,3–19,7 % (в зависимости от варианта формирования сцепа); 2) предложенные способы уменьшения погрешности (исключение вагона-лаборатории, использование локомотива с меньшим весом) позволили снизить ее до 2,15–5,1 %. **Научная новизна.** Авторами предложена методика оценки погрешности определения тормозного пути вагона при испытаниях методом последовательных торможений. **Практическая значимость.** Результаты работы позволяют заменить ходовые тормозные испытания методом «бросания», при которых нарушается целостность сцепов, на более безопасные испытания методом последовательных торможений, обеспечив уровень точности результатов 2–5 %.

Ключевые слова: тормозной путь; метод «бросания»; метод последовательных торможений; опытный сцеп; погрешность

REFERENCES

1. Babaiev A.M., Dmytriiev D.V. *Pryntsyp dii, rozrakhunok ta osnovy ekspluatatsii halm rukhomoho skladu zaliznyts* [Principle of action, calculation and the basis of brakes operation in rolling stock at railways]. Kyiv, KUETT Publ., 2007. 176 p.
2. Blokhin Ye.P., Ursulyak L.V., Romanyuk Ya.N. Issledovaniye prodolnoy nagruzhennosti dlinnosostavnykh gruzovykh poyezdov pri tormozhenii [Analysing longitudinal loading of heavy trains during braking]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 38, pp. 7-16.
3. Vodyannikov Yu.Ya., Rechkalov V.S., Murchkov S.V. Issledovaniya effektivnosti tormoznykh sistem gruzovykh vagonov metodom posledovatelnykh tormozheniy [Efficiency research of brake systems of freight cars by method of sequential braking]. *Vagonnyy park – Car Fleet*, 2010, no. 8, pp. 26-27.
4. Galay E.I., Galay Ye.E. *Tormoznyye sistemy zheleznodorozhnogo transporta. Konstruktsiya tormoznogo oborudovaniya* [Brake railway systems. The design of the braking equipment]. Gomel, BelGUT Publ., 2010. 316.
5. Grebenyuk P.T. Pravila tormoznykh raschetov [Rules of braking calculations]. *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo institute zheleznodorozhnogo transporta* [Proc. of All-Russian Railway Research Institute]. Moscow, Intekst Publ., 2004. 112 p.
6. Hryshchenko S.H., Kramarenko P.Yu., Stepanova V.P. Metodyka halmovykh vyprobuvan zaliznychnoho nemotornoho rukhomoho skladu [Braking tests methods of railway motor rolling stock]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 2009, no. 1, pp. 12-14.
7. *Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrainy: TST-TSV-TSL-0015* [Operating instructions of rolling stock brake on the of railways of Ukraine: TST-TSV-TSL-0015]. Kyiv, Transport Ukrainy Publ., 2002. 145 p.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

8. *NB ZHT TSV 01–98. Vagony gruzovyye zheleznodorozhnyye. Normy bezopasnosti* [NB ZHT TSV 01–98. Freight rail cars. Safety standards]. Moscow, MPS Rossii Publ., 1998. 18 p.
9. Osipov S.I., Osipov S.S. *Osnovy tyagi poyezdov* [Fundamentals of hauling operations]. Moscow, UMK MPS Rossii Publ., 2000. 592 p.
10. *Tipovoy raschet tormoza gruzovykh i refrizheratornykh vagonov* [Model calculations of brakes in freight and refrigerated cars]. Moscow, MPS RF: VNIIZhT Publ., 1996. 48 p.
11. Pshinko A.N., Myamlin S.V., Prikhodko V.I. Usovershenstvovaniye metodov effektivnosti tormozov vagonov [Improvement of cars brake efficiency methods]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2005, issue 7, pp. 74-78.
12. Malvezzi M., Pugi L., Papini S., Rindi A., Toni P. Identification of a wheel–rail adhesion coefficient from experimental data during braking tests. *Proc. of the Institution of Mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 2012, vol. 227, issue 2, pp. 128-139. doi: 10.1177/0954409712458490.
13. Railway freight and passenger train brake inspection and rules: TC O 0-184. Ottawa, Railway Association of Canada Publ., 2013. 20 p.
14. Szczepaniak C., Grabowski J., Szosland A. Some problems of vehicles brakes and braking. *Vehicle System Dynamics: Int. Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, 1988, vol. 17, suppl. 1, pp. 465-468. doi: 10.1080/00423118808969287.

Prof. S. V. Myamlin, D. Sc. (Tech.) (Ukraine); Prof. Martynov Y. E., D. Sc. (Tech.) (Ukraine) recommended this article to be published

Accessed: July 15, 2015

Received: Sep. 25, 2015