

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.45/46.077-048.24

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

Введение

В действующей нормативной документации [8] в качестве одного из критериев эффективности автоматического тормоза вагона рассматривается тормозной путь. Тормозной путь – расстояние, проходимое поездом за время от момента перевода ручки крана машиниста или крана экстренного торможения в тормозное положение до полной остановки поезда [5, 12]. Тормозной путь определяют путем проведения натурного эксперимента [14, 1]. Для испытаний

формируется опытный сцеп локомотива, вагона-лаборатории и одиночного вагона. Допускается проводить испытания без использования вагона-лаборатории, если его функции выполняет ведущий локомотив. За величину тормозного пути принимают путь, проходимый вагоном с момента принудительной отцепки от опытного сцепа до полной остановки. Такой метод определения тормозного пути получил название «метод бросания». В тех случаях, когда целостность сцепа нарушать нельзя, применяют метод последовательных торможений. Проводят серии торможений опытным сцепом,

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

состоящим из локомотива, вагона-лаборатории, при необходимости, и опытного вагона с фиксацией длины тормозного пути. По значениям тормозного пути сцепа с опытным вагоном и без него расчетным путем определяют тормозной путь одиночного вагона [2, 10]. В литературе уделяется внимание методу последовательных торможений при испытаниях несамоходного подвижного состава [3, 6]. Согласно требований нормативной документации [8] значение заданной скорости начала торможения выбирают из диапазона от 60 км/час и далее с шагом 20 км/час до конструкционной скорости. Допустимая абсолютная погрешность средств измерительной техники при определении тормозного пути должна составлять: для скорости движения не более $\pm 0,2$ км/ч; для тормозного пути – не более $\pm 0,5$ %.

Цель

Оценить точность определения тормозного пути вагона при проведении испытаний методом последовательных торможений.

Методика

Определение тормозного пути опытного вагона методом последовательных торможений может быть проведено по представленной методике. При установленных скоростях движения находится тормозная сила локомотива или сцепа локомотив-вагон-лаборатория (Л) и сцепа с опытным вагоном (Л-ОВ). После обработки полученных результатов тормозных путей, определяем тормозную силу Л и Л-ОВ по формуле:

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

где E_i – кинетическая энергия; S_i – тормозной путь; W_i – сопротивление движению; i – индекс, обозначающий состав сцепа.

Кинетическую энергию определяем по формуле [4]

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

где Q_i – вес; V_n – скорость в начале торможения; g – ускорение силы тяжести; $g = 9,81$ м/сек²; γ –

коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс.

Коэффициент γ принимаем [9]

- локомотив – 0,25;
- вагон пассажирский 0,5;
- вагон грузовой:груженный – 0,08; порожний – 0.04.

Для сцепа коэффициент γ определяем по формуле:

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

где $Q_{сцепа}$ – вес сцепа.

Сопротивление движению определяется по формуле

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

где w_i – удельное сопротивление движению

$$w_i = 0.4w_{V_n} + 0.6w_{V_k}, \quad (5)$$

где w_{V_n} , w_{V_k} – основное удельное сопротивление движению при скоростях в начале и конце торможения соответственно [5, 12].

Тормозная сила опытного вагона определяется по формуле

$$B_{ОВ} = B_{Л-ОВ} - B_{Л}. \quad (6)$$

Тормозной путь опытного вагона находится по формуле:

$$S_{д} = \frac{E_{ОВ}}{(B_{ОВ} + W_{ОВ})}. \quad (7)$$

Для проверки предложенной методики были выполнены расчеты тормозного пути сцепа с опытным вагоном и без него, и опытного вагона отдельно по типовой методике [11]. Затем полученные значения для сцепов были использованы как исходные данные для определения тормозного пути опытного вагона по выражениям (1–7). Получены такие результаты:

ВЛ80:	
ВЛ80(ч)	1060,35
ВЛ80(чф)	963,19
ВЛ80-ОВ:	
ВЛ80(ч)-ОВ(ч, г):	1205,78

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ВЛ80(ч)-ОВ(ч, п):	1035,25
ВЛ80(чф)-ОВ(к, г):	865,28
ВЛ80(чф)-ОВ(к, п):	820,24
ВЛ80-ВЛ:	
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)	990,53
ВЛ80-ВЛ-ОВ:	
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)-ОВ(ч, г):	1115,61
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)-ОВ(ч, п):	976,69
ЧС1:	
ЧС1 (ч)	975,97
ЧС1 (чф)	885,9
ЧС1-ОВ:	
ЧС1(ч)-ОВ(ч, г):	1248,8
ЧС1(ч)-ОВ(ч, п):	948,09
ЧС1(чф)-ОВ(к, г):	783,835
ЧС1(чф)-ОВ(к, п):	680,51

Примечание: ВЛ80, ЧС1 – модель локомотива (буквы в скобках обозначают тип тормозных колодок – чугунные «ч» или чугунные с повышенным содержанием фосфора «чф»); ВЛ – вагон-лаборатория (на базе пассажирского вагона с композиционными колодками); ОВ – опытный грузовой вагон (полувагон, буквы в скобках обозначают тип тормозных колодок – чугунные «ч» или композиционные «к» и загрузка вагона – груженный «г» или порожний «п»).

Параметры локомотивов и вагонов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Масса и суммарное тормозное нажатие локомотивов и вагонов [7, 13]

Тип подвижного состава	Расчетный вес, т	Суммарное тормозное нажатие, тс
Локомотив:		
- ВЛ80	184	112
- ЧС1	84	56
Вагон лаборатория	56	40
Опытный вагон:		
порожний	22	14
груженный	88	28

Значения тормозного пути для разных конфигураций опытного сцепа, приведенные

в табл. 2, получены при начальной скорости торможения 120 км/час.

Расхождение тормозного пути опытного вагона по методике последовательных торможений со значением тормозного пути по типовой методике не превышает 0,84 %, поэтому считаем точность метода достаточной.

Таблица 2

Тормозной путь опытного вагона по методике «последовательных торможений»

Сцеп	Тормозной путь опытного вагона по методике [8], м	Расчетный тормозной путь опытного вагона, м	Расхождение со значением тормозного пути по методике, %
1	2	3	4
ВЛ80-ОВ:			
ВЛ80(ч)-ОВ(ч,г)	1 806,9	1 804,8	0,12
ВЛ80(ч)-ОВ(ч,п)	839,5	839,69	0,02
ВЛ80(чф)-ОВ(к,г)	689,5	694,4	0,705
ВЛ80(чф)-ОВ(к,п)	327,7	329,84	0,6
ВЛ80-ВЛ-ОВ:			
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)-ОВ(ч, п)	1 806,9	1809,983	0,160,7
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)-ОВ(ч, г)	839,5	2,85	9
ЧС1-ОВ:			
ЧС1(ч)-ОВ(ч, г)	1 806,9	1 806,9	0
ЧС1(ч)-ОВ(ч, п)	839,5	839,6	0,01
ЧС1(чф)-ОВ(к, г)	689,5	695,35	0,84
ЧС1(чф)-ОВ(к, п)	327,7	330,0	0,81

При проведении испытаний обязательно сталкиваются с погрешностью измерений. Погрешность вводилась в исходные данные и возрастала. Оценка проводилась при моделировании 100 торможений. Отношение погрешности тормозного пути одиночного вагона при относительной погрешности сцепа 1% составило:

ВЛ80-ОВ:

ВЛ80(ч)-ОВ(ч,г)	7
ВЛ80(ч)-ОВ(ч,п)	10

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ВЛ80(чф)-ОВ(к,г)	3,3
ВЛ80(чф)-ОВ(к,п)	5,8
ВЛ80-ВЛ-ОВ:	
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)-ОВ(ч, п)	7,9
ВЛ80(ч)-ВЛ(ч)-ОВ(ч, г)	19,7
ЧС1-ОВ:	
ЧС1(ч)-ОВ(ч, г)	5,7
ЧС1(ч)-ОВ(ч, п)	3,9
ЧС1(чф)-ОВ(к, г)	3,27
ЧС1(чф)-ОВ(к, п)	2,15

При снижении погрешности на входе с 1 до 0,5 % погрешность на выходе (тормозной путь вагона) уменьшится вдвое.

Результаты

1. Значение относительной погрешности тормозного пути вагона при относительной погрешности исходных данных 1 % составило 3,3–19,7 % (в зависимости от варианта формирования сцепа).

2. Способы уменьшения погрешности (исключения вагона-лаборатории, использование локомотива с меньшим весом) позволили снизить погрешность до 2,15–5,7 %.

Научная новизна и практическая значимость

Предложена методика оценки погрешности определения тормозного пути вагона при испытаниях методом последовательных торможений. 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 %.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Альтернативой методу бросания при определении эффективности тормоза вагоном опытным путем при проведении поездных испытаний должен стать метод последовательных торможений.

2. Дальнейшая работа должна быть направлена на определение способов уменьшения влияния накапливающейся погрешности на длину тормозного пути опытного вагона.

3. Предложенная методика испытаний требует экспериментального подтверждения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабаев, А. М. Принцип дії, розрахунків 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. Пишынко, С. В. Мямлин, В. И. Приходько [и др.] // Вісн. Дніпро-

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

- петр. 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'їжджує 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

О. Н. 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

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

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%.

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

REFERENCES

1. Babaiev A.M., Dmytriiev D.V. *Pryntsyyp 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.
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.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

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.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Мямлинім С. В. (Україна); д.т.н., проф. Мартыновым И. Э. (Україна)

Поступила в редколлегию 15.07.2015

Принята к печати 25.09.2015