



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Оригинальная статья
УДК 625.143.2:656.22
EDN: <https://elibrary.ru/qewfre>



Расширение сферы применения стояночных башмаков

В. И. Маршев✉, И. Н. Воронин, Д. П. Марков

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),
Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассмотрена возможность оснащения подвижного состава новыми облегченными стояночными башмаками повышенной надежности, а также использования башмаков в возникающих на перегонах ситуациях, в том числе нештатных.

Материалы и методы. Выполнены натурные испытания с целью сравнения характеристик облегченных стояночных башмаков ТМ 37.10.2016 и тормозных горочных башмаков модели 8739.00. Определено тяговое усилие по перемещению состава из порожних и груженых вагонов, оборудованных башмаками.

Результаты. Выполнен анализ возможности закрепления стояночными башмаками железнодорожного подвижного состава на перегонах с различными уклонами и различным весом прицепного подвижного состава. Отработана методика аварийного вывода моторвагонного подвижного состава с заклиненной колесной парой с использованием тормозных стояночных башмаков с определением предельного пути скольжения заклиненной колесной пары в сравнении с горочными башмаками. Установлено, что для вывода электроподвижного состава с перегона при заклиненной колесной паре требуется в 4 раза больше стояночных башмаков, чем горочных.

Обсуждение и заключение. Показана принципиальная возможность замены на тяговом подвижном составе башмаков горочных 8739.00, используемых в настоящее время, на стояночные ТМ 37.10.2016. Тормозные характеристики стояночных башмаков отличаются от тормозных характеристик горочных только в короткий начальный период стирания покраски трущейся поверхности полоза стояночных башмаков. Поскольку башмаки, предназначенные для оснащения подвижного состава, предполагают экстренное использование, недопустимо окрашивать их трущуюся поверхность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: локомотивы, моторвагонный подвижной состав, облегченные стояночные башмаки, тормозные характеристики, особенности применения на перегонах

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Маршев В. И., Воронин И. Н., Марков Д. П. Расширение сферы применения стояночных тормозных башмаков // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2024. Т. 83, № 3. С. 193–204.



TECHNICAL MEANS OF RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 625.143.2:656.22

EDN: <https://elibrary.ru/qewfre>



Expanded scope of application of wheel stops

Vladimir I. Marshev✉, Igor N. Voronin, Dmitriy P. Markov

Railway Research Institute,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The paper considers equipping rolling stock with new lightweight wheel stops of increased reliability, as well as the use of the drag shoes on space intervals, including abnormal situations.

Materials and methods. The authors performed field tests to compare the performance of lightweight wheel stops TM 37.10.2016 and hump drag shoes 8739.00. The paper determined the tractive force for moving a empty car train and loaded car train equipped with drag shoes.

Results. The paper analyses the securing of railway rolling stock with wheel stops on space intervals with different gradients and different weights of trailing rolling stock. The paper describes the developed methodology of emergency withdrawal of a multiple unit rolling stock with a wedged wheel pair using wheel stops and determines the ultimate sliding distance of the wedged wheel pair compared to the hump drag shoes. The paper established that withdrawing the electric rolling stock from the space interval with the wedged wheel pair requires 4 times more wheel stops than the hump drag shoes.

Discussion and conclusion. The authors shown that traction rolling stock permits the practical replacement of hump drag shoes 8739.00 currently in use with wheel stops TM 37.10.2016. The braking characteristics of wheel stops and hump drag shoes only differ during the short initial period of paint abrasion on the rubbing surface of the wheel stop skids. Since the drag shoes for rolling stock are intended for emergency, their rubbing surface must not be painted.

KEYWORDS: locomotives, multiple unit rolling stock, lightweight wheel stops, braking characteristics, peculiarities of application on hauls

FOR CITATION: Marshev V. I., Voronin I. N., Markov D. P. Expanded scope of application of wheel stops. *Russian Railway Science Journal*. 2024;83(3):193-204. (In Russ.).

Введение. Условия работы тормозных башмаков, предназначенных для закрепления составов (стояночные) и для торможения отцепов на сортировочных горках (горочные), существенно отличаются. До 1950 г. в стране производились стояночные и горочные башмаки, отличающиеся в основном весом¹. В 2014 г. было принято решение возобновить производство тормозных стояночных башмаков. В 2015 г. в АО «ВНИИЖТ» была разработана новая конструкция стояночных башмаков², и в 2016 г. были проведены полигонные [1], а затем эксплуатационные испытания опытной партии таких башмаков [2]. Испытания показали, что новые башмаки в 1,8 раза легче (вес одного составляет 4,1 кг вместо 7,4 кг) и надежнее горочных (только за 1 месяц было повреждено 16 горочных башмаков из 50, в основном вследствие перекатывания, что само по себе является нарушением безопасности движения, а все 50 стояночных закончили годовое испытание без повреждений). В процессе эксплуатации были выявлены отдельные недостатки, что способствовало внесению изменений в конструкцию и технические условия новых башмаков, повышающих их служебные характеристики.

В 2019 г. ФГУП «ПО «Октябрь»» (г. Каменск-Уральский) освоило производство стояночных башмаков по конструкторской документации (КД) ТМ 37.10.2016 и техническим условиям ТУ 3184-351-01124323-2017 (рис. 1), и в настоящее время ими оснащены уже многие станции. Эти башмаки разрабатывались по заказу Центральной дирекции управления движением ОАО «РЖД» и предназначались для закрепления составов на станционных путях.

Необходимо отметить, что после начала производства новых стояночных башмаков стали появляться предложения по их модернизации: облегчению веса³, увеличению удерживающей способности [3]. В процессе проектирования новых башмаков было рассмотрено, рассчитано и испытано много вариантов конструкции, среди которых были и приведенные в упомянутых патентах. Можно с уверенностью утверждать, что принятая к внедрению в производство конструкция обладает наименьшим весом при максимальной прочности и надежности.

В 2021 г. был поставлен вопрос о расширении сферы использования новых стояночных башмаков, изготавливаемых по конструкторской документации ТМ 37.10.2016 и техническим условиям ТУ 3184-351-01124323-2017, что потребовало проведения дополнительных испытаний. Цель настоящей работы — определить особенности и возможность применения стояночных башмаков не только на станционных путях, но и на перегонах, и дать рекомендации по оснащению ими локомотивов и моторвагонного подвижного состава.

Следует отметить, что, несмотря на большое количество приспособлений для закрепления подвижного состава на железнодорожных путях, тормозные башмаки не утратили своего значения и применяются практически во всех странах^{4,5} (рис. 2) [4]. Башмаки, применяемые для закрепления подвижного состава в других странах, значительно тяжелее стояночных башмаков по КД ТМ 37.10.2016 и техническим условиям ТУ 3184-351-01124323-2017. Так, вес башмака типа S-1 компании Nolan (рис. 2, а) составляет 23 кг, RS-1 — 7 кг (б), RS-2 — 14 кг (в). Укладка под колеса стоящего подвижного состава тормозных башмаков является наиболее простым и самым распространенным способом закрепления вагонов, а для хранения на подвижном составе и закрепления на перегонах башмаки являются единственно возможным средством. В других странах, например в Великобритании, тормозные башмаки также могут использоваться для вывода состава с поврежденными колесными парами [5].



Рис. 1. Стояночный башмак производства ФГУП «ПО «Октябрь»», 2018 г.

Fig. 1. Wheel stop made by FGUP PO Oktyabr, 2018

¹ Альбом типовых тормозных башмаков широкой и узкой колеи и приспособлений для их установки и сбрасывания / сост. ПКБ ЦП. М.: Главное управление движения МПС, 1959. 31 с.

² Патент № 173122 Российская Федерация, МПК В61К 7/20(2006.01), В61Н 7/10(2006.01). Башмак тормозной стояночный для закрепления составов на станционных путях: № 2017112774: заявл. 13.04.2017: опубл. 14.08.2017 / Марков Д. П., Воронин И. Н., Маршев В. И. 7 с.

³ Патент № 221013 Российская Федерация. Стояночный тормозной башмак: № 2023110822: заявл. 25.04.2023: опубл. 13.10.2023 / Левин В. А. 6 с.

⁴ Western Safety Products: Nolan [Электронный ресурс]. URL: <http://www.westernsafety.com/nolan2010/nolanpg3.html> (дата обращения: 05.04.2024).

⁵ Western Safety Products: Aldon [Электронный ресурс]. URL: <http://www.westernsafety.com/aldon2012/aldon2012pg5.html> (дата обращения: 05.04.2024).

Места хранения башмаков предусмотрены на электропоездах ЭД4М и ЭП20к (4 шт.). Башмаки могут быть без проблем заменены на новые стояночные, как и на новом пассажирском электровозе ЭП20. На электровозах ВЛ10 предусмотрены места хранения вместимостью до 40 башмаков. Количество загружаемых башмаков на грузовых локомотивах определяется профилем маршрута и массой состава и устанавливается начальником локомотивного депо. Все 40 горочных башмаков на электровозах ВЛ10 без проблем могут быть заменены на стояночные. Испытания показали, что стояночные башмаки

устанавливаются под колеса электроподвижного состава с теми же проблемами, как и у горочных (рис. 3).

Количество башмаков на электроподвижном составе и пассажирских электровозах невелико, поэтому удобство их применения при замене горочных башмаков на стояночные несущественно облегчается за счет снижения массы. На грузовом составе количество башмаков в несколько раз больше. При необходимости срочного закрепления тяжелого состава на большом уклоне время на закрепление снижается в несколько раз за счет того, что башмаки можно сбрасывать с локомотива и разносить по составу по 6–8 шт. за один раз

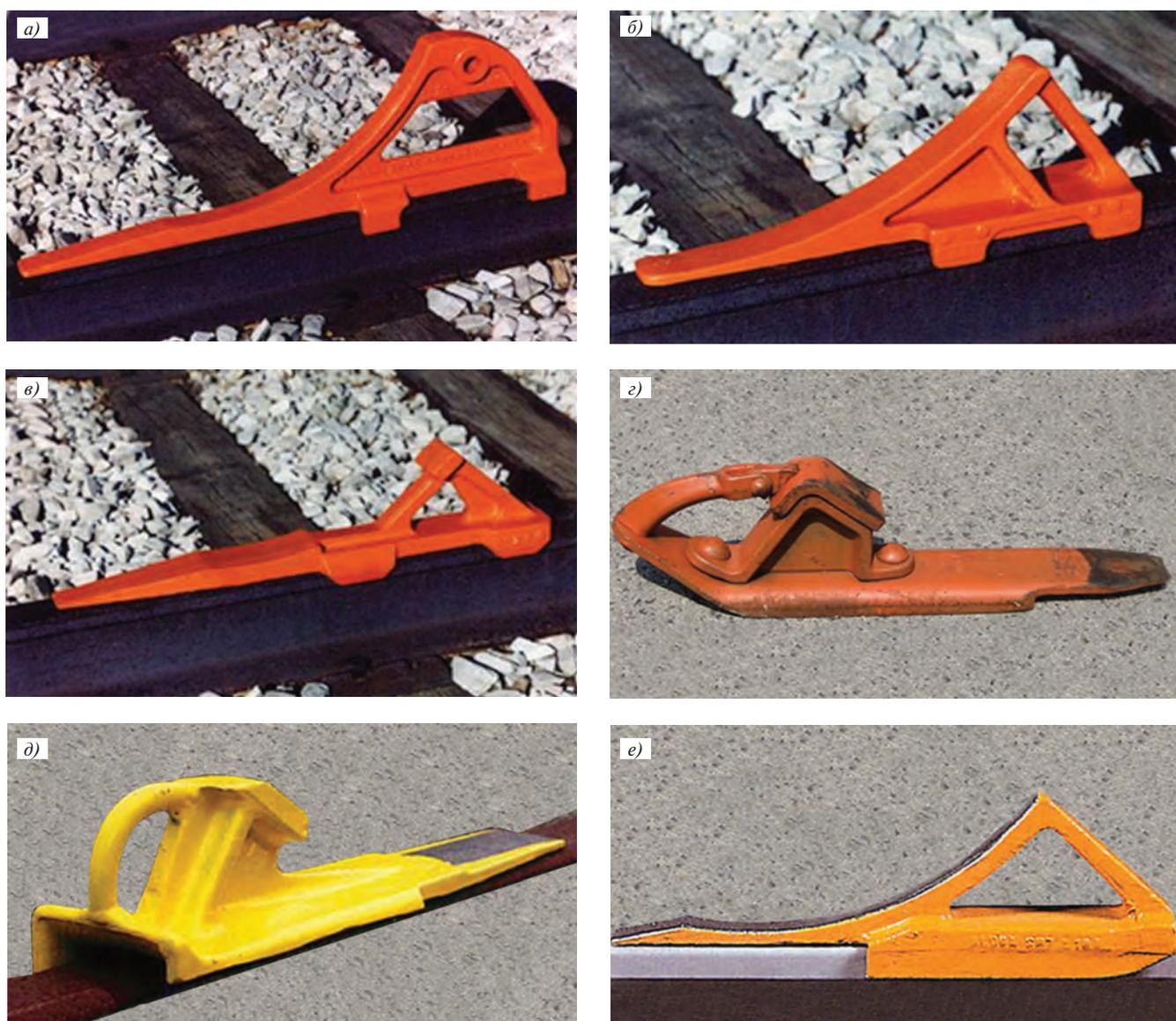


Рис. 2. Тормозные башмаки, применяемые для закрепления подвижного состава:
a, б, в — башмаки типа S-1, RS-1 и RS-2 компании Nolan; *г* — башмак типа LiBo2 компании Dittmann; *д, е* — башмаки типа S-86 и S-61 компании Aldon

Fig. 2. Drag shoes used for anchoring the rolling stock:
a, б, в — Nolan S-1, RS-1 and RS-2 drag shoes; *г* — Dittmann LiBo2 drag shoe; *д, е* — Aldon S-86 and S-61 drag shoes

(рис. 4). Необходимо отметить, что замена горочных башмаков на подвижном составе на новые стояночные повысит надежность закрепления (исключит перекаты колес через башмаки и возможность использования башмаков в диверсионных целях).

Испытания на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» в зимнее время при сравнительно небольшой глубине снежного покрова показали, что закрепление грузового состава даже шестью горочными башмаками занимает 10 мин, а облегченными башмаками почти в 2 раза уменьшает время и работу, затрачиваемые на закрепление. На закрепление тяжелых грузовых составов на больших уклонах может потребоваться 18 и более башмаков. В зимнее время на перегонах при большой глубине снежного покрова такое закрепление тяжелыми горочными башмаками практически невыполнимо. В этих обстоятельствах стояночные башмаки не просто облегчают, но делают задачу закрепления состава выполнимой.

Сравнение удерживающей способности башмаков на перегонах. Задачей испытаний было определение влияния твердости полоза, окраски нижней поверхности полоза, погодных условий на удерживающую способность башмака. Большое влияние на закрепление железнодорожных составов стационарными тормозными башмаками оказывает ветровая нагрузка [6]. Удерживающая способность башмаков оценивалась по тяговому усилию порожнего состава из пяти порожних грузовых вагонов с нагрузкой на ось 6,2 тс и груженого с нагрузкой на ось 23 тс. Схема измерения тягового усилия представлена на рис. 5.

Уход вагонов, как правило, связан с действием сжимающей силы, но динамометр в хвосте поезда установить нельзя из-за конструктивных особенностей автосцепки. Поэтому был выполнен анализ сдвига поезда путем его растяжения. Полученные результаты в случаях сжатия и растяжения существенно не различаются [7]. Для того чтобы сравнить силы трения на башмаках (рис. 5, поз. 2), они подкладывались под колеса первой оси первого вагона (поз. 1) в количестве двух единиц. Для измерения тягового усилия использовалось весоизмерительное устройство ТВЕУ-20Г с абсолютной погрешностью измерения 40 кг и диапазоном измерения 0–20 000 кг. На рис. 6 показано крепление упругого элемента силоизмерителя в автосцепках вагона и локомотива.

Результаты испытаний. На рис. 7, а, б приведены примеры диаграмм изменения тягового усилия при скольжении горочных башмаков по сухим рельсам и стояночных по мокрым. Нарастание силы тяги при экспериментах стремились осуществлять с постоянной скоростью, однако из-за наличия большого числа не поддающихся учету факторов диаграммы не повторялись в точности даже при пятикратном повторении на тех же башмаках и на том же участке.



Рис. 3. Установка стояночных башмаков под второе колесо первой тележки электровоза ВЛ10

Fig. 3. Installation of wheel stops under the second wheel of the first bogie of VL10 electric locomotive



Рис. 4. Возможность переноса стояночных башмаков: а — одновременно 6 шт.; б — удержание в одной руке четырех башмаков, при этом возможен перенос 8 шт.

Fig. 4. Transferability of wheel stops: а — 6 pieces at a time; б — holding four drag shoes in one hand, while carrying 8 pieces is possible

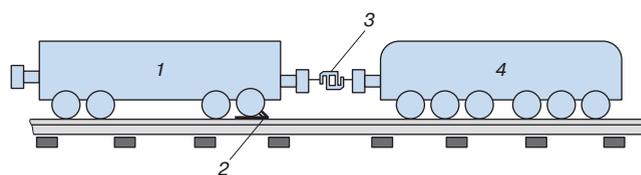


Рис. 5. Схема измерения тягового усилия: 1 — состав; 2 — тормозной башмак; 3 — упругий элемент весоизмерительного устройства ТВЕУ-20Г; 4 — локомотив

Fig. 5. Traction force measurement scheme: 1 — train; 2 — drag shoe; 3 — elastic element of the weighing device TVEU-20G; 4 — locomotive



Рис. 6. Весоизмерительное устройство ТВЕУ-20Г: крепление упругого элемента весоизмерительного устройства на автосцепках вагона и электровоза

Fig. 6. Weighing device TVEU-20G: fixing of the elastic element of the weighing device on the car and electric locomotive couplings

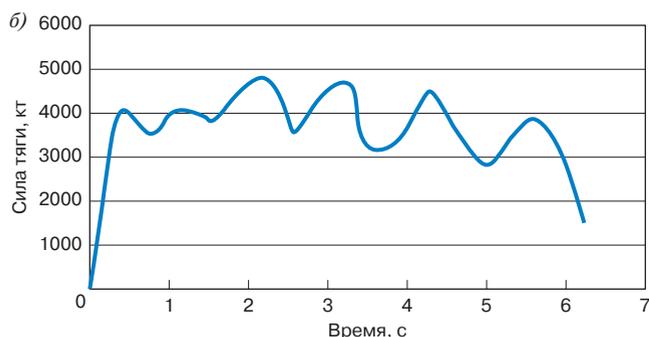
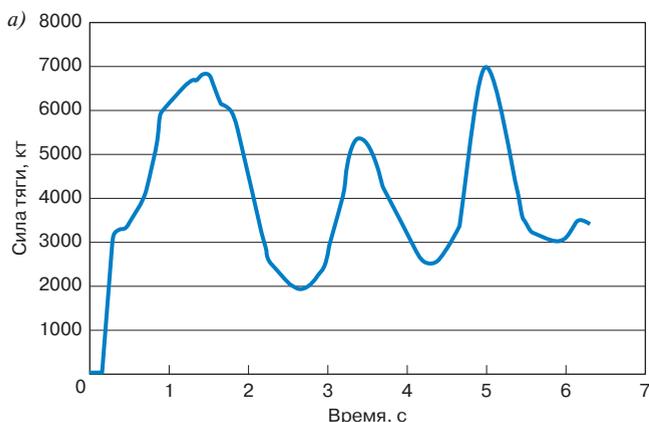


Рис. 7. Диаграммы изменения тягового усилия при скольжении горочного башмака по сухому рельсу (а) и при скольжении стояночного башмака по мокрому рельсу (б)

Fig. 7. Diagrams of traction force trends when the hump drag shoe slides on dry rail (a) and when the wheel stop slides on wet rail (b)

Наблюдаемые на графиках (рис. 7) колебания тягового усилия находятся в диапазоне от 1 до 2 Гц. Такие значения вероятнее всего соответствуют колебаниям вагона как единого целого [8].

Сила трения при скольжении колесной пары на башмаках нестабильна. Было проведено две серии испытаний с составом из пяти порожних вагонов с нагрузкой на ось 18 тс и с одним груженым вагоном с нагрузкой на ось 23 тс. Как видно из рис. 7, а, после достижения силы трения покоя и страгивания башмака с места вследствие малых жесткости и коэффициента демпфирования подвески колесной пары и тележки, а также деформативности межвагонного соединения возникают колебания тягового усилия. Эффект усиливается ввиду неодновременного проскальзывания колес колесной пары, что в экстремальных условиях может привести к сбросу башмака с рельса. Аналогичный характер изменения тягового усилия наблюдался и при всех остальных испытаниях, включая испытания на смазанных рельсах. Анализ видео и акустических записей на сортировочных горках и в парках формирования составов показывает, что колесные пары на башмаках скользят неравномерно с колебаниями различных частот от 10 до нескольких тысяч Гц.

Сила, обеспечивающая начало качения колес незакрепленного башмаками порожнего состава из пяти вагонов, была равна 0,5 тс, а нагрузка качения ~0,3 тс. Для одного груженого вагона эти величины равны соответственно 0,08 и 0,04 тс. В табл. 1 представлены максимальные и средние значения силы тяги состава из пяти порожних вагонов (каждое испытание повторялось 10 раз). В табл. 2 представлены максимальные и средние значения силы тяги при башмачном закреплении одного груженого вагона.

Окраска нижней поверхности полоза на сухих рельсах снижает коэффициент трения в 1,4–1,9 раза, а на мокрых и смазанных рельсах практически не меняет его. Краска сдирается с полоза на пути скольжения 2–3 м (рис. 8).

Тяговое усилие страгивания и скольжения и коэффициенты трения горочных и стояночных башмаков с неокрашенной контактной поверхностью полоза практически равны. В настоящее время окраска скользящей поверхности полоза прекращена. Таким образом, по удерживающей способности башмаки равноценны, но, учитывая возможность перекатывания колес через горочные башмаки при высоких коэффициентах трения, новые стояночные башмаки являются более надежными.

Закрепление подвижного состава на уклонах. Основная проблема закрепления при малых уклонах до 0,001 (1‰) связана с необходимостью двухстороннего закрепления подвижного состава. Испытания проводились на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» в два этапа, сначала с пассажирскими вагонами, затем с грузовыми при температуре воздуха –12 °С. Составы устанавливались на участке с нулевым уклоном. На первом этапе испытывался состав из электровоза

Таблица 1

Сила тяги при башмачном закреплении состава из пяти порожних вагонов

Table 1

Traction force during five empty car train shoeing

Тип башмаков	Состояние рельсов	Сила тяги, тс		
		Максимальная	Средняя	Средняя за вычетом трения в буксах
Стояночные неокрашенные	Сухие	5,3	3,2	2,8
	Мокрые	4,9	2,8	2,5
	Смазка	3,1	1,0	0,7
Стояночные окрашенные	Сухие	4,5	2,3	2,0
	Мокрые	3,7	2,4	2,1
	Смазка	2,9	1,0	0,7

Таблица 2

Сила тяги при башмачном закреплении одного груженого вагона

Table 2

Traction force during loaded car shoeing

Тип башмаков	Состояние рельсов	Сила тяги, тс		
		Максимальная	Средняя	Средняя за вычетом трения в буксах
Стояночные неокрашенные	Сухие	6,3	4,4	4,4
	Мокрые	4,9	2,8	2,8
	Смазка	3,1	1,0	1,0
Стояночные окрашенные	Сухие	5,3	2,3	2,3
	Мокрые	5,8	3,8	3,8
	Смазка	3,1	0,7	0,7
Горочный	Сухие	6,2	4,5	4,5
	Мокрые	5,7	3,7	3,7
	Смазка	5,1	0,7	0,7

ЭП20 и пяти пассажирских вагонов, на втором — из электровоза ЭП20 и пяти грузовых вагонов. Испытывались сначала горочные башмаки, затем стояночные. Сначала подкладывался башмак под последнее колесо ближайшего к электровозу вагона, электровоз накатывал колесо на башмак и ставился на тормоза. Затем подкладывался второй башмак под вторую колесную пару первой тележки электровоза, электровоз снимался с тормозов, медленно накатывался на второй башмак. После того как тормоза отпустились, производилась попытка вынуть один из башмаков из-под колеса. Каждое испытание повторялось три раза. Если один из башмаков удавалось снять, то делалась попытка двухстороннего закрепления локомотива и двух, трех и т. д. вагонов, пока один из башмаков было невозможно снять с рельсов. Испытания показали следующие результаты:

Горочными башмаками можно закрепить с двух сторон состав из электровоза ЭП20 и четырех пассажирских вагонов или состав из электровоза ЭП20 и двух грузовых вагонов.

Стояночными башмаками можно закрепить с двух сторон состав из электровоза ЭП20 и трех пассажирских вагонов или состав из электровоза ЭП20 и двух грузовых вагонов.

Таким образом, в некоторых случаях стояночные башмаки позволят закрепить с двух сторон отцеп с меньшим количеством вагонов, но в целом двухстороннее закрепление одного — трех вагонов остается актуальной задачей, решить которую еще предстоит.

Испытания на электроподвижном и грузовом составах, на уклонах 0,009 и 0,017, в кривых от 400 до 205 м, в различную погоду при температуре от 0 до

-12 °С подтвердили сделанный ранее вывод, что при твердости стояночных башмаков в 2 раза больше горочных их коэффициенты трения равны и для закрепления различных составов требуется одинаковое количество башмаков.



Рис. 8. Сдираание краски с окрашенных полозьев стояночных башмаков:
а — краска, перенесенная на рельс; б — потертости на нижней плоскости полозьев

Fig. 8. Paint peeling off the painted wheel stops skids:
а — paint transferred to the rail; б — abrasion on the lower plane of the skids

Аварийный вывод моторвагонного подвижного состава с заклиненной колесной парой с использованием тормозных стояночных башмаков. Испытания проводились на участке кривой 400 м длиной 2 км в два этапа: сначала на сухих рельсах, а затем на рельсах, поливаемых маслом из бака, установленного на локомотиве. Сравнивались тормозные стояночные башмаки по КД ТМ 37.10.2016 и техническим условиям ТУ 3184-351-01124323-2017 с определением предельного пути скольжения поврежденной колесной пары с горочными башмаками по КД 8739.00 и ТУ 32-01124323-72-94. Температура воздуха при испытаниях составляла +2 °С. Были выделены 6 вагонов пригородного электропоезда ЭД4МК, включая секцию моторвагонного подвижного состава, и электровоз, а также 6 стояночных и 6 горочных башмаков. Башмаки подкладывались под оба колеса моторной колесной пары с нагрузкой на ось 18 тс, имитирующей заклинивание. Башмаки осматривались после прохождения 2 км. В процессе движения производилось наблюдение за обоими башмаками с периодической видеозаписью. При видимом повреждении одного из башмаков движение прекращалось. Пройденное расстояние измеряли по пикетам. Предполагалось, что испытания будут повторяться поочередно с горочными и стояночными башмаками при скоростях 3, 6 и 9 км/ч. Однако выдерживать постоянные скорости не удалось, состав периодически то разгонялся, то замедлялся. Поэтому испытания провели в двух интервалах скоростей: от 3 до 5 км/ч и от 6 до 9 км/ч. Состояние башмаков после прохода 2 км на сухих рельсах со скоростью 3–5 км/ч показано на рис. 9.

Испытания показали следующие результаты.

После прохождения 2 км износ горочных башмаков составил 2,3 мм. Толщина полозьев стояночных башмаков, напротив, увеличилась за счет перенесенного с рельса более мягкого металла. Навар металла, перенесенного на полоз с рельса, зацепился за стык рельсов и стал причиной отрыва носка полоза стояночного башмака (рис. 9, а). Несмотря на меньший



Рис. 9. Полозья башмаков после скольжения со скоростью 3–5 км/ч на дистанции 2 км:
а — стояночных; б — горочных

Fig. 9. Drag shoes skids after sliding at 3–5 km/h over 2 km:
а — wheel stops; б — hump drag shoes

и даже отрицательный износ стояночных башмаков, навары, образующиеся на носке полоза, приводят к отрыву носков полоза при наезде на стык рельсов, что делает невозможным использование их на длинных дистанциях со скоростями менее 3–5 км/ч.

На рис. 10 показаны горочные башмаки после прохода 8 км со скоростью 3–5 км/ч.

После прохода 8 км башмаки были предельно изношены, и дальнейшая их эксплуатация могла привести к повреждению колес. Таким образом, дистанция 8 км при скорости от 3 до 5 км/ч является для горочных башмаков предельно допустимой.

На рельсах при скольжении башмаков видимых повреждений не обнаружено. После скольжения башмаков на рельсе были видны лишь пятна перенесенного с башмаков металла (рис. 11).

Увеличение скорости скольжения до 6–9 км/ч приводит к сильному разогреву полозьев башмаков и их пластической деформации. Уже после скольжения на дистанции 880 м полоз стояночного башмака размягчился настолько, что колесо продавило его до рельса (рис. 12, а).

Полозья горочных башмаков после прохода 2 км со скоростью 6–9 км/ч были фактически уже предельно изношены. Таким образом, увеличение скорости менее чем в 2 раза привело к уменьшению пути скольжения до разрушения башмаков в 4 раза.

Испытания на смазанных рельсах. По опыту работы сортировочных горок известно, что смазка рельсов снижает износ и продлевает срок службы башмаков. Однако на больших дистанциях смазка не замедляет, а, напротив, ускоряет разрушение башмаков. Это, по-видимому, объясняется тем, что причиной изнашивания на больших дистанциях является не износ, а разогрев, размягчение металла и пластическая деформация полоза. Смазка улучшает теплопроводность, увеличивает нагрев полоза и способствует температурному размягчению металла.

На стояночных башмаках при испытаниях на смазанных рельсах со скоростью 3–5 км/ч навары не наблюдались, но полозья быстро нагрелись, размягчились и разрушились через 1,6 км (рис. 13).

Горочные башмаки при скольжении по смазанным рельсам 2 км получили износ такой же, как на не смазанных после прохода 4 км (рис. 14).

Стояночные башмаки на скорости 6–9 км/ч не испытывались, горочные башмаки уже после скольжения 1,9 км по смазанным рельсам со скоростью 6–9 км/ч получили предельные повреждения (рис. 15).

Таким образом, увеличение скорости в 2 раза в сочетании со смазкой рельсов уменьшает допустимую дистанцию скольжения горочных башмаков в 4 раза по сравнению со скольжением по сухим рельсам со скоростью 3–5 км/ч.



Рис. 10. Состояние горочных тормозных башмаков после скольжения 8 км под колесной парой с нагрузкой 18 тс со скоростью 3–5 км/ч
Fig. 10. Condition of hump drag shoes after sliding 8 km under a wheel pair with a load of 18 tf at 3–5 km/h



Рис. 11. Пятна металла, перенесенного на рельс с башмаков
Fig. 11. Stains of metal transferred to the rail from the drag shoes



Рис. 12. Полозья башмаков после скольжения со скоростью 6–9 км/ч: а — стояночных на дистанции 880 м; б — горочных на дистанции 2 км
Fig. 12. Drag shoes skids after sliding at 6–9 km/h: а — wheel stops at a distance of 880 m; б — hump drag shoes at a distance of 2 km



Рис. 13. Внешний вид стояночных башмаков после прохода 1,6 км по смазанным рельсам со скоростью 3–5 км/ч

Fig. 13. Appearance of wheel stops after travelling 1.6 km on greased rails at 3–5 km/h



Рис. 14. Внешний вид горочных башмаков после прохода 2 км со скоростью 2–4 км/ч

Fig. 14. Appearance of hump drag shoes after travelling 2 km at 2–4 km/h



Рис. 15. Внешний вид горочных башмаков после прохода 1,9 км по смазанным рельсам со скоростью 6–9 км/ч

Fig. 15. Appearance of hump drag shoes after travelling 1.9 km on greased rails at 6–9 km/h

Обсуждение и выводы. Анализ данных, полученных при испытаниях стояночных башмаков, показывает, что их можно успешно применять для закрепления подвижного состава на станционных путях и на перегонах. Это достигается путем разработки более совершенной, по сравнению с горочным башмаком,

конструкции и применения более прочного материала. Общие выводы по проведенной работе следующие:

1. Стояночные башмаки по удобству хранения и применения на локомотивах и моторвагонном подвижном составе не уступают горочным башмакам, а по весу и по безопасности превосходят последние. С одной стороны, башмаки удовлетворяют условиям работы женщин-машинистов, с другой (в случае необходимости) — есть возможность переноски сразу 6 и даже 8 башмаков.

2. Стояночные башмаки с неокрашенным полозом обладают такой же удерживающей способностью, как и горочные. Удерживающая способность окрашенных башмаков почти в 1,4 раза ниже. Стояночные башмаки, применяющиеся на локомотивах и моторвагонном подвижном составе, не прирабатываются, как горочные, поэтому должны поставляться с неокрашенной нижней поверхностью полоза.

3. Испытаниями установлено, что для удержания состава как стояночными тормозными башмаками, так и горочными башмаками необходимо аналогичное количество башмаков, следовательно сила трения между башмаком и рельсом одинаковая. Таким образом, стояночными тормозными башмаками можно закреплять подвижной состав в соответствии с нормой закрепления, рассчитанной по формуле, приведенной в Правилах технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ), утвержденных приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 23 июня 2022 г. № 250.

Стояночными тормозными башмаками и горочными башмаками, используемыми в качестве стояночных, можно закрепить с двух сторон подвижной состав, состоящий из трех и более единиц. При двухстороннем закреплении существующими башмаками состава, состоящего из трех и менее единиц, требуются дополнительные меры по предотвращению возможности их несанкционированного изъятия. Для решения этого вопроса предлагается создать для такого состава специальные башмаки с повышенной удерживающей способностью на обратном уклоне и внести в Приложение № 17 к ПТЭ изменение о возможности одностороннего закрепления составов на перегонах такими башмаками.

4. Вывод моторвагонного подвижного состава с заклиненной колесной парой на стояночных тормозных башмаках возможен, при этом максимальное значение пути скольжения колесной пары на башмаке на сухих рельсах до повреждения облегченных стояночных тормозных башмаков составляет 2100 м при скорости движения не более 3 км/ч. Значение пути скольжения при применении горочных башмаков при прочих равных условиях составляет 4000 м. С увеличением скорости расход башмаков увеличивается

в геометрической прогрессии. При этом смазка рельсов только ускоряет разрушение башмаков.

Прохождение стыков с приваренными рельсовыми соединителями допускается при расположении приваренного соединителя ниже поверхности катания рельса для облегченных стояночных башмаков — не менее чем на 22 мм, для горочных башмаков — не менее чем на 19,5 мм.

Проведенные исследования продемонстрировали принципиальную возможность замены используемых в настоящее время на тяговом подвижном составе башмаков горочных 8739.00 на стояночные ТМ 37.10.2016.

Финансирование: авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding: the authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest and no financial interests in any material discussed in this article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Стояночные тормозные башмаки для закрепления подвижного состава на станционных путях. Полигонные испытания / Д. П. Марков [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2016. Т. 75, № 5. С. 308–317. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-5-308-317>.

Markov D. P., Voronin I. N., Shipulin N. P., Marshev V. I., Sukhov A. V., Zabavina M. V., et al. Rail skates for fixing rolling stock on the station tracks. Ground tests. *Russian Railway Science Journal*. 2016;75(5):308-317. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-5-308-317>.

2. Стояночные тормозные башмаки. Эксплуатационные испытания / Д. П. Марков [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2017. Т. 76, № 3. С. 153–158. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-3-153-158>.

Markov D. P., Voronin I. N., Shipulin N. P., Marshev V. I., Sukhov A. V., Guzanov V. V., et al. Parking brake shoes. Operational tests. *Russian Railway Science Journal*. 2017;76(3):153-158. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-3-153-158>.

3. Обрывалин А. В., Уракова Д. В. Совершенствование конструкции тормозного башмака // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: материалы XVII науч. конф., посвящен. Дню российской науки. Омск, 2023. С. 469–473. EDN: <https://elibrary.ru/aqfkch>.

Obyvalin A. V., Urakova D. V. Improvement of the drag shoe design. In: *Innovative Projects and Technologies in Education, Industry and Transport: sourcebook of XVII scientific conf., dedicated to the Day of Russian Science*. Omsk; 2023. p. 469–473. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/aqfkch>.

4. Review Neuartiger Radvorleger. *Der Eisenbahningenieur*. 2005;56(11):114.

5. *Ellis' British Railway Engineering Encyclopedia*. Lulu.com; 2006. 424 p.

6. Демьянчук О. В. Анализ влияния ветровой нагрузки на закрепление железнодорожных составов станционными тормозными

башмаками // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2021. № 2. С. 58–61. EDN: <https://elibrary.ru/sbhyro>.

Demyanchuk O. V. Analysing the anchoring of railway trains with station drag shoes under wind loads. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta: Nauka i transport*. 2021;(2):58-61. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/sbhyro>.

7. Шимановский А. О., Кузнецова М. Г., Демьянчук О. В. Компьютерное моделирование динамики взаимодействия колесных пар вагонов с тормозными башмаками // Механика машин, механизмов и материалов. 2021. № 4(57). С. 48–55. <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2021-4-57-48-55>.

Shimanovsky A. O., Kuznetsova M. G., Demyanchuk O. V. Computer modeling of interaction dynamics of the railway car wheelset with braking shoes. *Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*. 2021;(4):48-55. (In Russ.). <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2021-4-57-48-55>.

8. Шимановский А. О., Кузнецова М. Г., Демьянчук О. В. Динамика взаимодействия вагонов с тормозными башмаками // Транспорт шелкового пути. 2022. № 2. С. 38–45. EDN: <https://elibrary.ru/phfofj>.

Shimanovsky A. O., Kuznetsova M. G., Demyanchuk O. V. Wagons and drag shoes interaction dynamics. *Transport shelkovogo puti*. 2022;(2):38-45. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/phfofj>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Иванович МАРШЕВ,

канд. техн. наук, технический эксперт, Центр испытаний и моделирования, Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 854401, <https://orcid.org/0009-0009-6448-0991>

Игорь Николаевич ВОРОНИН,

технический эксперт, Центр испытаний и моделирования, Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 873989, <https://orcid.org/0009-0002-1236-6440>

Дмитрий Петрович МАРКОВ,

д-р техн. наук, научный консультант, Научно-консультационный центр, Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 680121, <https://orcid.org/0000-0001-7441-5178>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir I. MARSHEV,

Cand. Sci. (Eng.), Technical Expert, Test and Simulation Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 854401, <https://orcid.org/0009-0009-6448-0991>

Igor N. VORONIN,

Technical Expert, Test and Simulation Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 873989, <https://orcid.org/0009-0002-1236-6440>

Dmitriy P. MARKOV,

Dr. Sci. (Eng.), Academic Advisor, Scientific Consulting Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 680121, <https://orcid.org/0000-0001-7441-5178>

ВКЛАД АВТОРОВ

Владимир Иванович МАРШЕВ. Формулировка цели и методологии исследования, анализ опытных данных, описание результатов, выводы (40%).

Игорь Николаевич ВОРОНИН. Подготовка, организация и выполнение испытаний, анализ исходных данных, описание результатов, выводы (20%).

Дмитрий Петрович МАРКОВ. Научное сопровождение испытаний, анализ результатов, выводы, написание статьи (40%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Vladimir I. MARSHEV. Formulation of research objective and methodology, analysis of test data, description of results, conclusions (40%).

Igor N. VORONIN. Preparation, organisation and execution of trials, analysis of raw data, description of results, conclusions (20%).

Dmitriy P. MARKOV. Scientific support of the tests, analysis of results, conclusions, article writing (40%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 15.04.2024, рецензия от первого рецензента получена 23.05.2024, рецензия от второго рецензента получена 28.06.2024, рецензия от третьего рецензента получена 02.07.2024, принята к публикации 19.08.2024.

The article was submitted 15.04.2024, first review received 23.05.2024, second review received 28.06.2024, third review received 02.07.2024, accepted for publication 19.08.2024.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В АО «ВНИИЖТ»

Центр дополнительного образования (ЦДО) (лиц. № 2329 от 11.08.2016 г.) проводит повышение квалификации и профессиональную переподготовку слушателей по следующим направлениям:

- Анализ, моделирование бизнес-архитектуры и бизнес-процессов, использование процессного подхода в управлении организацией (для руководителей и специалистов)
- Проектирование, изготовление и приемка сварных конструкций железнодорожного подвижного состава, управление качеством в сварке рельсов, проведение аудита сварочного производства
- Построение энергосберегающих графиков движения поездов с использованием автоматизированной системы АПК ЭЛЬБРУС
- Изучение технологии транспортных процессов
- Транспортная логистика
- Изучение принципов построения и функционирования автоматизированной системы контроля за работой специального подвижного состава
- Изучение устройств, диагностики и средств контроля состояния железнодорожного пути
- Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и устройств электроснабжения

Программы обучения могут быть разработаны по инициативе заказчика с учетом профессиональной деятельности АО «ВНИИЖТ».

Обучение проводится как в очной форме, так и с применением дистанционных образовательных технологий.

По итогам освоения образовательных программ слушателям выдается документ о квалификации государственного образца.

Куратор ЦДО — Пархаев Алексей Александрович, кандидат социологических наук, заместитель генерального директора по управлению персоналом и социальным вопросам.

По вопросам обучения обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская улица, д.10
Центр дополнительного образования. Тел.: +7 (499) 260-41-08

