

Стояночные тормозные башмаки для закрепления подвижного состава на станционных путях. Полигонные испытания

Д. П. МАРКОВ¹, И. Н. ВОРОНИН¹, Н. П. ШИПУЛИН², В. И. МАРШЕВ¹, А. В. СУХОВ¹, М. В. ЗАБАВИНА¹, В. В. ГУЗАНОВ², А. В. КУМИНОВ²

¹Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО ВНИИЖТ), Москва, 129626, Россия

²Центральная дирекция управления движением — филиал ОАО «РЖД», Москва, 107996, Россия

Аннотация. В настоящее время на железных дорогах России ручные тормозные башмаки используются для решения двух основных задач: для регулировки скорости отцепов на сортировочных горках (горочные башмаки) и для закрепления подвижного состава на железнодорожных путях. Анализируются особенности их работы на станционных путях. Доказывается, что условия работы горочных и стояночных тормозных башмаков существенно различаются, и обосновывается необходимость применения специализированных тормозных башмаков, отдельно для торможения отцепов и для закрепления составов. В 2015 г. специалистами АО «ВНИИЖТ» и Центральной дирекции управления движением ОАО «РЖД» впервые разработаны технические требования к специализированному башмаку для закрепления составов на станционных путях и разработан стояночный башмак новой конструкции. Приведены основные результаты испытания опытных образцов на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ», позволившие внести полезные изменения в конструкцию стояночного башмака установочной серии.

Ключевые слова: стояночные тормозные башмаки; условия эксплуатации при закреплении составов; расчет характеристик; полигонные испытания; технические требования; новая конструкция

Введение. На железных дорогах России в настоящее время ручные тормозные башмаки используются для регулировки скорости отцепов на сортировочных горках и для закрепления подвижного состава на железнодорожных путях [1, 2, 3]. В статье [4] было показано, что условия работы ручных тормозных башмаков при регулировании скорости отцепов на сортировочных горках (горочные башмаки) и при закреплении составов на станционных путях (стояночные башмаки) существенно различаются. Наиболее зримо это различие проявляется в эксплуатационных повреждениях: у горочных башмаков под действием динамических нагрузок и высоких температур повреждается полз, у стояночных башмаков в результате перекатывания колеса через упорную колодку повреждается ручка. Предполагалось, что массовое перекатывание при закреплении составов происходит вследствие превышения коэффициента трения-покоя над

коэффициентом трения-скольжения [4]. Но оказалось, что это различие не настолько велико и скорость накатывания имеет второстепенное значение. Исследования показали, что высокие, превышающие критические значения коэффициенты трения могут возникать на любых путях, независимо от их назначения. В настоящее время и на горочных, и на парковых путях возникают условия (сухие чистые, запесоченные и т. д. рельсы), при которых силы трения оказываются настолько большими, что башмаки не могут скользить и колеса перекатываются через них. На горках регулировщики решают эту проблему смазыванием рельсов смазочными материалами. Кроме того, оказалось, что, как и на горках, в парках иногда наблюдаются наезды гребней колес на борта башмаков. Некоторые (к сожалению, не все) проблемы были решены при разработке конструкции нового горочного башмака [5]. Можно ли конструктивными методами решить все проблемы стояночных башмаков?

На рис. 1 представлены модели тормозных башмаков, применявшихся на российских дорогах в качестве стояночных за последние 100 лет, а также фотографии современных европейских башмаков.

На первых российских башмаках был предусмотрен отступ 160 мм от носка полоза до начала бортов для предотвращения «закусывания» бортов гребнями колес (рис. 1, а). В зарубежных конструкциях по-прежнему учитывается возможность наезда гребней колес на борта башмаков (рис. 1, д и е). Кроме того, в зарубежных конструкциях наклон задней стойки и высота упорной колодки увеличены для повышения конструктивной прочности башмака и уменьшения возможности перекатывания колеса через колодку [6, 7]. В СССР в 50-х гг. расстояние от начала полоза до начала бортов почему-то сократили до минимума, а высота колодки, спроектированная, очевидно, под подшпикники скольжения, впоследствии не менялась (рис. 1, б — г).

В настоящее время на железных дорогах России для закрепления составов на станционных

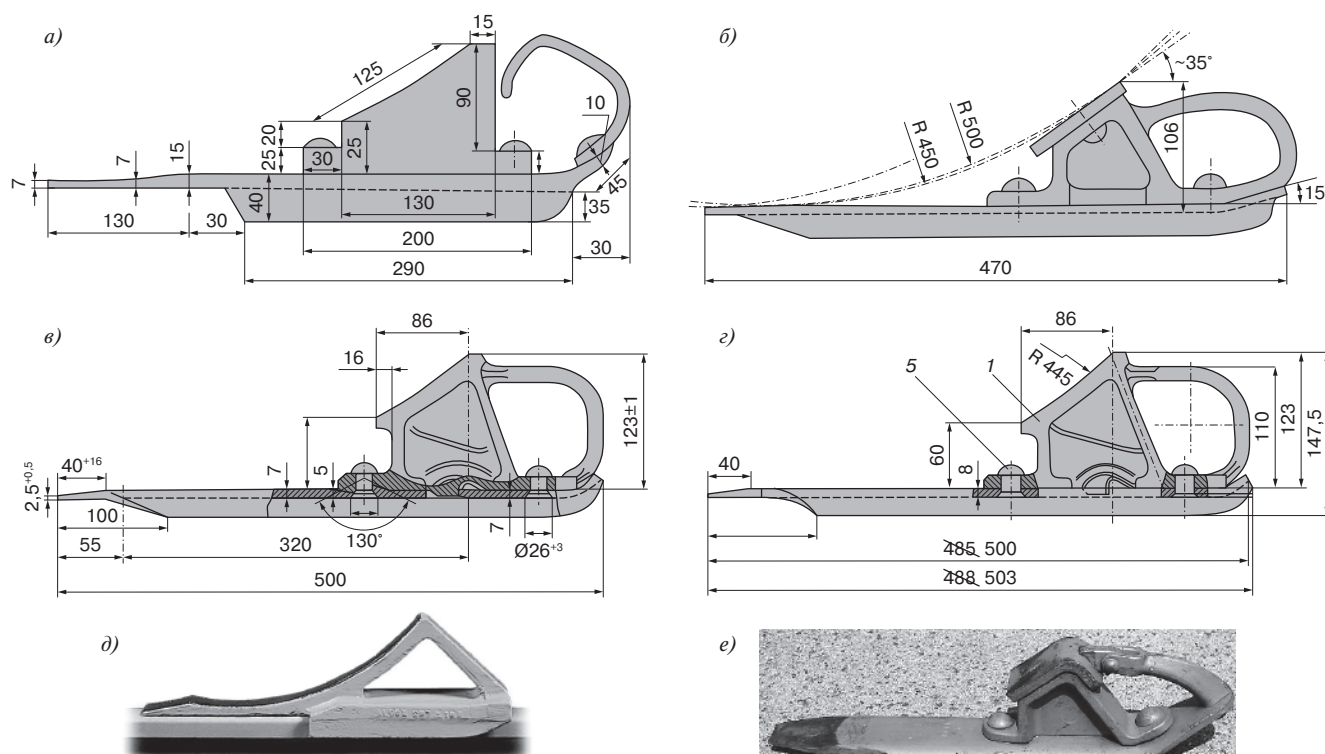


Рис. 1. Тормозные башмаки, применявшиеся в качестве стояночных на российских и европейских дорогах:

a — один из первых башмаков; *б* — 1940 г.; *в* — 1965 г.; *г* — 1989 и 1994 гг.; *д*, *е* — европейские башмаки

Fig. 1. Brake hump shoes used as rail skates on the Russian railways:

a — one of the first rail skate; *б* — 1940; *в* — 1965; *г* — 1989 and 1994; *д*, *е* — European rail skates

путях используются башмаки, изготовленные по ТУ 32-01124324-72-94 «Башмак тормозной горочный повышенной работоспособности», сборочный чертеж 8739.00 СБ (рис. 1, *г*) [8]. Некоторое время (до 1969 г.) применялись также и специализированные стояночные башмаки, но от горочных они отличались только массой (рис. 1, *б*) [9]. Все изменения, внесенные в конструкцию отечественных тормозных башмаков с 40-х гг., фактически не изменяли их эксплуатационных качеств, а некоторые даже привели к ухудшению. За эти годы в европейских странах и в США появилось много перспективных решений (например, рис. 1, *д* и *е*). Лишь в 2014 г. ОАО «ВНИИЖТ» внесло в конструкцию горочных башмаков несколько полезных усовершенствований, главные из которых — увеличение расстояния от носка полоза до начала бортов с 70 до 160 мм и уменьшение толщины полоза с 8 до 6 мм с одновременной его закалкой на твердость 270–300 НВ (технические требования ТТ БТГ-ВНИИЖТ-2014, сборочный чертеж ТМ 37.03.13-01СБ). Это обеспечило увеличение срока их службы более чем в 2 раза по сравнению с применяемыми в настоящее время за счет исключения отрывов бортов башмаков в результате наезда на них гребней колес и короблений полоза при прохождении через щель башмакосбрасывателя [5].

Анализ работы стояночного башмака по удержанию состава. Предназначение стояночного башмака — на-

дежно закреплять подвижной состав на железнодорожных путях. Рассмотрим работу стояночных башмаков по удержанию составов на станционных путях. На рис. 2 представлены силы, действующие на башмак, удерживающий состав на участке пути с уклоном $i = \sin \alpha$.

На второе колесо подбашмаченной колесной пары действуют приблизительно такие же силы. Пренебрегая силами трения-качения в буксовых узлах и учитывая, что на остальные колеса состава также действуют скатывающие силы Q , условие удержания состава на уклоне i :

$$2Tk = 2Nkf_{\text{тр}} = 2P\cos\alpha k f_{\text{тр}} \geq Qn = 2Pn\sin\alpha. \quad (1)$$

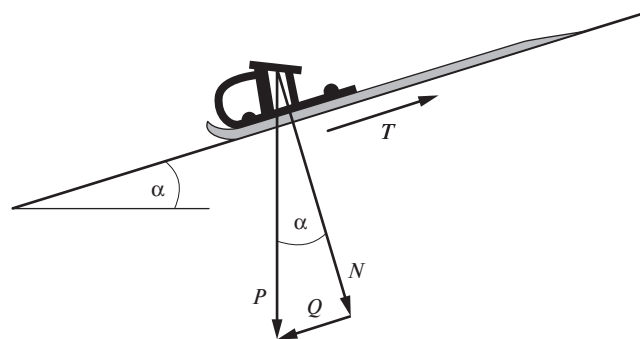


Рис. 2. Силы, действующие на башмак, удерживающий состав на участке пути с уклоном $i = \sin \alpha$

Fig. 2. The forces acting on the rail skate, holding the train on the section of track with a slope $i = \sin \alpha$

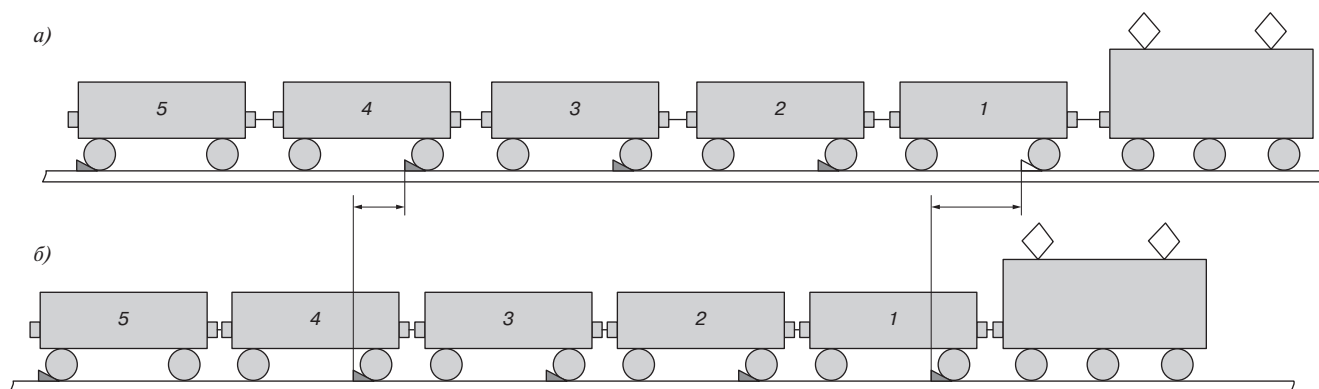


Рис. 3. Схема сжатия состава и скольжения башмаков при закреплении состава на уклоне:
 а — до накатывания; б — после накатывания (показаны смещения второго и четвертого башмаков)
 Fig. 3. Scheme of train compression and rail skate sliding when fixing the train on the slope:
 а — before rolling; б — after rolling (displacements shown in the second and fourth rail skates)

После сокращения

$$kf_{\text{тр}} \geq ntg(\alpha), \quad (2)$$

где N — сила нормального давления на башмак; $2P$ — нагрузка на ось; T — сила трения; Q — сила скатывания; $f_{\text{тр}}$ — коэффициент трения; k — количество башмаков; n — число осей в составе. Для

максимально допустимого на станциях уклона путей $i = \sin \alpha = 2,5\text{‰}$ ($\alpha = \arcsin(0,0025) \approx 0,14$ град, $\text{tg}(0,14) \approx \sin(0,14) = 0,0025$) количество башмаков для удержания состава из n осей равно

$$k \geq \frac{0,0025n}{f_{\text{тр}}}. \quad (3)$$

Количество 4-осных вагонов m с одинаковой осевой нагрузкой, которое один башмак способен удерживать на уклоне $i = 2,5\text{‰}$ на смазанных рельсах с коэффициентом трения $f_{\text{тр}} = 0,14$, равно:

$$m = \frac{1 \cdot 0,14}{0,0025 \cdot 4} = 14 \text{ вагонов.}$$

На сухих рельсах с коэффициентом трения $f_{\text{тр}} = 0,4$

$$m = \frac{0,4}{0,0025 \cdot 4} = 40 \text{ вагонов.}$$

Для удержания состава из 100 вагонов на смазанных рельсах необходимо восемь башмаков, на сухих — три башмака. Последняя цифра соответствует расчету по ПТЭ [10, 11].

На уклоне состав, удерживаемый локомотивом, находится в растянутом состоянии (рис. 3).

После накатывания вагонов на башмаки состав начнет сжиматься, выбирая зазоры в автосцепках. При свободном накатывании башмаки будут поочередно, начиная с ближних к локомотиву, скользить, пока количество башмаков не станет достаточным для компенсации силы скатывания состава. Таким образом, даже без принудительного надвига состава локомотивом, требуемого действующей инструкцией [10], несколько башмаков должны проскользить на расстояние, зависящее от их количества, прежде чем состав полностью остановится. Если при этом коэффициент трения превысит некоторое критическое значение, то неизбежно произойдет перекатывание колеса через башмак.

Условия перекатывания колеса через тормозной башмак. Рассмотрим, какие условия необходимы для перекатывания колеса через башмак. Расчет проводим по упрощенной методике без учета перекоса колесной

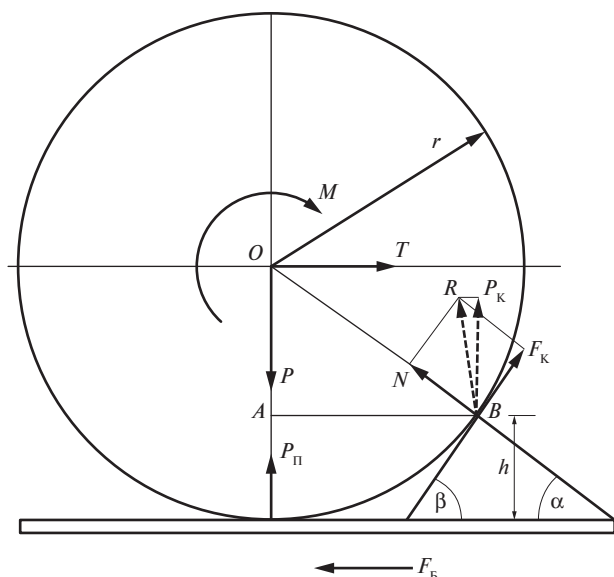


Рис. 4. Силы, действующие на колесо при наезде на колодку башмака:

P — нагрузка на колесо; P_n — сила давления колеса на полз; P_k — вертикальная составляющая сил, действующих на колодку; T — сила тяги, действующая на колесную пару; M — вращающий момент от смежного колеса; N — сила нормального давления на колодку; F_k — сила трения между колесом и колодкой; F_b — сила трения между башмаком и рельсом; R — результирующая сила, действующая на колодку при перекатывании колеса

Fig. 4. Forces acting on the wheel at running over rail skate:

P — load on wheel; P_n — pressure force of the wheel acting on the runner; P_k — vertical component of the forces acting on the rail skate; T — traction force acting on the wheelset; M — the torque from the adjacent wheel; N — normal pressure force on the rail skate; F_k — friction between the wheel and the rail skate; F_b — friction between the rail skate and the rail; R — resultant force acting on the rail skate due to wheel rolling

пары, сил трения бортов башмака о боковую поверхность рельса, трения в буксовых узлах и др. Принимаем также, что коэффициенты трения между колесом и упорной колодкой башмака и между ползком и рельсом равны. Силы и моменты, действующие на колесо и башмак при наезде на него вагонного колеса, представлены на схеме рис. 4. Результирующую силу R , действующую на колодку при перекатывании колеса, разлагаем на радиальную и касательную составляющие N и F_k . Колесо может перекатиться через колодку только в том случае, когда сила, удерживающая башмак на рельсе F_b (сила трения между башмаком и рельсом), становится больше горизонтальной составляющей сил, действующих от колеса на колодку в момент перекатывания (в момент начала перекатывания колесо отрывается от полза, поэтому сила $P_{\Pi} = 0$):

$$F_b > N \cos \alpha - F_k \sin \alpha. \quad (4)$$

В момент начала перекатывания колеса через колодку (в момент отрыва колеса от полза) сила трения башмака о рельс F_b равна произведению коэффициента трения $f_{\text{тр}}$ на вертикальную составляющую сил, действующих на колодку $P_k = (N \sin \alpha + F_k \cos \alpha)$, а сила трения колеса о колодку F_k равна произведению коэффициента трения $f_{\text{тр}}$ на силу N , направленную по радиусу колеса перпендикулярно опорной площадке колодки:

$$F_b = f_{\text{тр}} (N \sin \alpha + F_k \cos \alpha), \quad (5)$$

$$F_k = N f_{\text{тр}}. \quad (6)$$

Тогда условие перекатывания запишется как

$$f_{\text{тр}} (N \sin \alpha + N f_{\text{тр}} \cos \alpha) > N \cos \alpha - N f_{\text{тр}} \sin \alpha. \quad (7)$$

Сокращая N и преобразуя тригонометрические функции, получим

$$f_{\text{тр}} \sin \alpha + f_{\text{тр}}^2 \cos \alpha > \cos \alpha - f_{\text{тр}} \sin \alpha, \quad (8)$$

$$2 f_{\text{тр}} \sin \alpha > \cos \alpha (1 - f_{\text{тр}}^2), \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \alpha > \frac{1 - f_{\text{тр}}^2}{2 f_{\text{тр}}}. \quad (10)$$

Выразим $\operatorname{tg} \alpha$ через радиус колеса r и высоту колодки h . Из соотношений в треугольнике AOB

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AO}{AB}, \quad (11)$$

$$AO = r - h, AB = (r^2 - (r - h)^2)^{\frac{1}{2}}. \quad (12)$$

Откуда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r - h}{(r^2 - (r - h)^2)^{\frac{1}{2}}}. \quad (13)$$

Разлагая квадрат разности и подставляя в (10),

$$\frac{r - h}{(2rh - h^2)^{\frac{1}{2}}} > \frac{1 - f_{\text{тр}}^2}{2 f_{\text{тр}}}. \quad (14)$$

Обозначим правую часть неравенства (14) через L :

$$L = \frac{1 - f_{\text{тр}}^2}{2 f_{\text{тр}}}. \quad (15)$$

Графики функций $\operatorname{tg} \alpha = \frac{r - h}{(2rh - h^2)^{\frac{1}{2}}}$ и $L = \frac{1 - f_{\text{тр}}^2}{2 f_{\text{тр}}}$

представлены на рис. 5.

Для определения зависимости критической высоты колодки от коэффициента трения используем номограмму на рис. 6 (показан пример определения высоты колодки при коэффициенте трения 0,37).

По номограмме рис. 6 строим график зависимости критической высоты колодки от величины коэффициента трения (рис. 7).

Как видно из графика на рис. 7, критическая высота колодки быстро увеличивается с ростом коэффициента трения и при коэффициенте трения 0,40, заложенном в расчет количества башмаков по ПТЭ, достигает 127 мм, т. е. в ПТЭ фактически заложены условия перекатывания колес через используемые в настоящее время башмаки. Эксперименты, проведенные на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ», показали, что коэффициенты сцепления $f_{\text{сц}}$ подбашмаченной колесной пары (отношение предельной силы тяги вагона к нагрузке на ось) могут на сухих рельсах превышать 0,4, в то время как перекатывание через горочный башмак наблюдалось уже при $f_{\text{сц}} = 0,37$. Потери от перекатывания не ограничиваются поломкой башмаков. Иногда

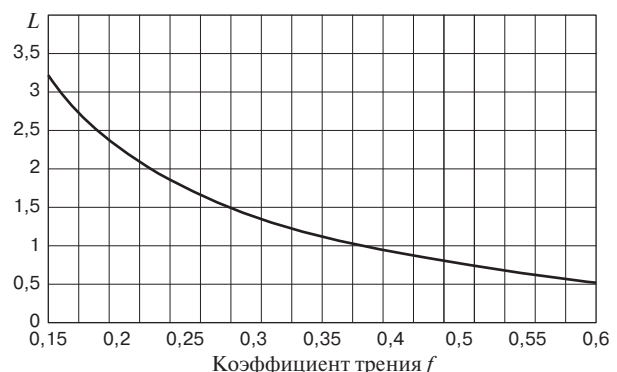
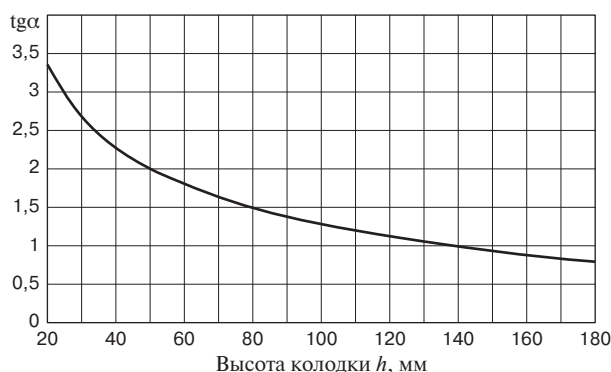


Рис. 5. Зависимости параметра $\operatorname{tg} \alpha$ от высоты колодки и параметра L от коэффициента трения
Fig. 5. Dependences of parameter $\operatorname{tg} \alpha$ on the height of rail skate and parameter L on the coefficient of friction

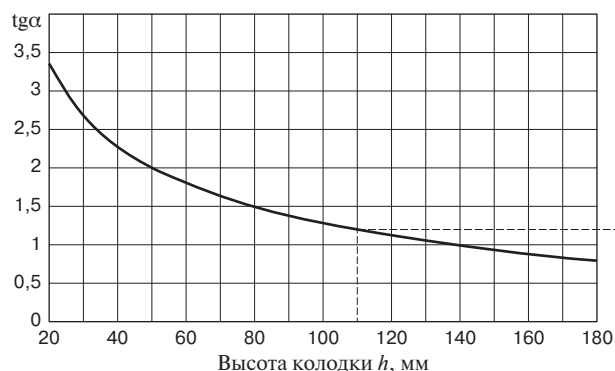


Рис. 6. Пример определения высоты колодки по номограмме
Fig. 6. An example of determining the height of rail skate on the nomogram

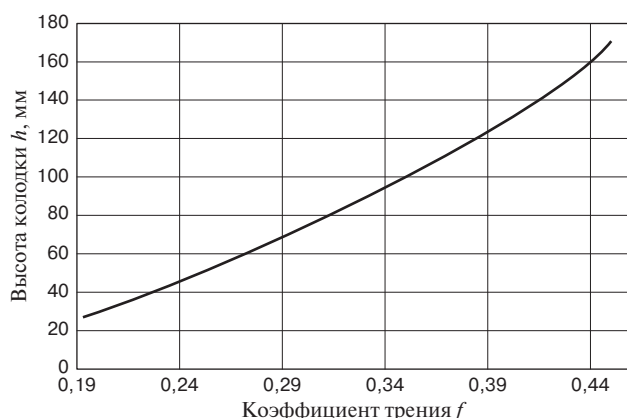
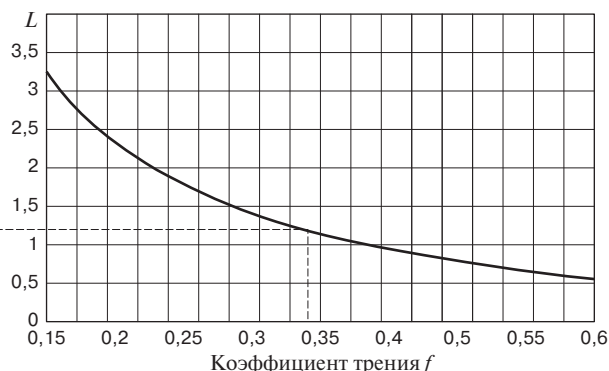


Рис. 7. Зависимость критической высоты колодки от коэффициента трения на полозе и упорной колодке
Fig. 7. Dependence of the critical height of rail skate on the coefficient of friction in the runner and packing block

перекат сопровождается сходом колесной пары (например, 2 января 2015 г. на ст. Каменск-Уральский). Перекатывание колесной пары через башмак (рис. 8), особенно опасно тем, что снижает безопасность движения, поскольку может привести к несанкционированному движению подвижного состава.

Требования к стояночному башмаку. Рассмотрим, какими качествами должен обладать стояночный башмак,



Рис. 8. Момент перекатывания колеса через упорную колодку башмака

Fig. 8. Moment of wheel rolling over rail skate

обеспечивающий надежное закрепление составов на станционных путях и одновременно удовлетворяющий эргономическим требованиям. Среди сигнальщиков, переносящих башмаки (по два и более) на расстояние до 100 м и укладывающих их под колеса, много женщин. Подъем и перемещение тяжестей в течение рабочей смены для них необходимо снижать (Трудовой кодекс РФ, глава 41. Особенности регулирования труда женщин, лиц с семейными обязанностями, Постановление Правительства РФ от 06.02.1993 № 105 «О новых нормах предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную», Приложение к постановлению Совета Министров — Правительства РФ от 6 февраля 1993 г. № 105 «Нормы предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную»). Таким образом, первое требование к стояночному башмаку:

- масса башмака не должна превышать 5 кг. Это требование выполнимо благодаря тому, что скорость, путь скольжения и, соответственно, износ полоза стояночного башмака за период эксплуатации пренебрежимо малы, что позволяет уменьшить толщину полоза вдвое.

Чтобы предотвратить перекатывание, желательно, чтобы высота башмака (высота упорной колодки) была как можно больше. Однако, как показывают расчеты, существует оптимальная высота башмака, снижение которой увеличивает риск перекатывания, а превышение приводит к быстрому увеличению веса башмака. Для колес диаметром 830 – 950 мм оптимальная высота равна 150 мм. Таким образом, второе требование к стояночному башмаку:

- высота башмака должна быть 150 мм.

Скорость накатывания колес на горочные башмаки при торможении составов на сортировочных горках составляет от 1 до 4 м/с. При наезде на носок полоза с такими скоростями колесо получает вертикальную составляющую скорости v_v от 0,1 до 0,5 м/с, направленную вверх (рис. 9), и башмак частично разгружается.

Для снижения вертикальной составляющей на носке полоза горочного башмака делается заходной уклон ~8 град на длине 40 мм (см. рис. 1, в). Толщина носка

при этом уменьшается до 2,5 мм и менее. Тонкий носок быстрее расплющивается и растрескивается (рис. 10).

Эксплуатационные испытания, однако, показали, что даже при отсутствии заходного уклона при скоростях наезда ниже 3 м/с башмаки из-под колес не выбиваются. Поэтому третье требование к стояночному башмаку:

- носок стояночного башмака выполняется без заходного уклона. Это значительно снизит браковку башмаков по смятию и растрескиванию носка полоза.

Ручки башмаков при закреплении составов деформируются иногда и при обратном наезде на них колес. Это происходит при протягивании и осаживании состава для изъятия башмаков. В случае изъятия большого количества установленных башмаков, особенно зимой, работники не успевают вовремя удалить их из-под колес. Большинство башмаков при обратном наезде сдвигаются, но в некоторых случаях трение настолько высокое, что башмаки заstopориваются и колесо повреждает ручку. Отсюда четвертое требование к стояночному башмаку:

- стояночный башмак должен иметь высокую ручку. Поскольку составителям и сигналистам при установке башмаков приходится постоянно нагибаться, высокая ручка облегчит их работу.

На участках с малыми и переменными уклонами, а также при погрузочно-разгрузочных работах желательно исключить самопроизвольное скатывание вагона с башмака. Отсюда пятое требование к стояночному башмаку:

- стояночный башмак должен удерживать вагон на обратном уклоне не менее 0,0011.

Это основные требования из более 60, которые Центральная дирекция управления движением ОАО «РЖД» предъявила к конструкции будущего стояночного башмака, разрабатываемого в настоящее время (технические требования ТТ БТС-ВНИИЖТ-2015-ОП). В соответствии с этими требованиями в ОАО «ВНИИЖТ» была разработана конструкторская документация (сб. чертеж ТМ 37.03.15—01 СБ) и изготовлены опытные образцы стояночных башмаков для полигонных испытаний (рис. 11).

Предварительные испытания опытных образцов стояночных башмаков. Для сравнения испытывались серийные горочные башмаки, изготовленные по ТУ 32-01124323-72-94 и применяемые в настоящее время в качестве стояночных. Сравнительные характеристики серийных и опытных башмаков представлены в табл. 1.

Предварительные испытания опытных образцов стояночных башмаков под грузовым вагоном проведены в сентябре — ноябре 2015 г. на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ», ст. Щербинка, на рельсах стенда-горки для повторно-ударных испытаний вагонов отделения «Вагоны и вагонное хозяйство» (рис. 12).

Рис. 9. При наезде на носок полоза колесо получает вертикальную составляющую скорости v_B от 0,1 до 0,5 м/с, направленную вверх

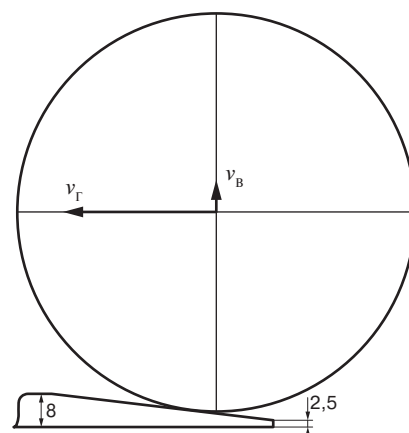


Рис. 10. Расплющивание и растрескивание носка полоза горочного башмака, работавшего в качестве стояночного



Схема испытаний по определению тягового усилия представлена на рис. 13.

Башмак 2 подкладывался под первую ось вагона 1. Между силоизмерителем 3 и тяговой установкой 5 ставился вспомогательный вагон 4. Для измерения



Рис. 11. Внешний вид опытных образцов тормозных стояночных башмаков для предварительных испытаний



Рис. 12. Виды стенда-горки с вышки управления:
а — ударный стенд;
б — горка с тяговой установкой в конце

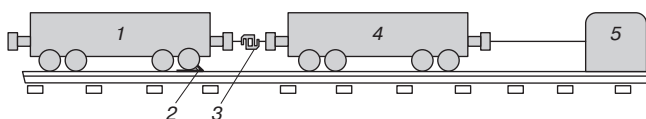
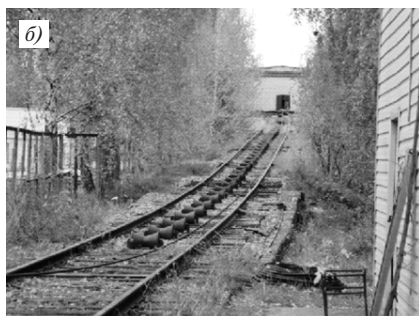


Рис. 13. Схема определения тягового усилия:
1 — вагон с нагрузкой 25 т/ось; 2 — тормозной башмак; 3 — упругий элемент весоизмерительного устройства ТВЕУ-20Г; 4 — вспомогательный вагон; 5 — тяговая установка стенда-горки

Fig. 13. Scheme for determining traction:
1 — car with 25 tons/axle load; 2 — rail skate; 3 — elastic element of weighing device TVEU-20G; 4 — auxiliary car; 5 — traction installation hump test bench

Таблица 1

Сравнительные характеристики применяемого и опытного башмаков

Table 1

Comparative characteristics of applied and tested rail skates

Характеристики	Конструкция тормозного башмака	
	ТУ 32-01124323-72-94	ТТ БТС-ВНИИЖТ-2015
		
Масса, кг	7,4	3,8
Высота колодки, мм	131	150
Средняя твердость, НВ	150	300
Критический коэффициент сцепления	0,34	> 0,40
Способ крепления колодки	Клепка	Сварка
Толщина полоза	8 мм	4 мм
Толщина носка полоза	~ 2,5 мм (заходной уклон ~ 8 град)	8 мм (порожек высотой 4 мм)

тягового усилия использовалось весоизмерительное устройство ТВЕУ-20Г с погрешностью измерения 40 кг и диапазоном измерения 0 — 20 000 кг (рис. 14).

Как видно из графиков рис. 14, в и г, после достижения силы трения-покоя и страгивания башмака с места вследствие малых жесткости и коэффициента демпфирования подвески колесной пары и тележки возникают колебания тягового усилия. Чем больше сила трения (выше коэффициент трения), тем интенсивнее последующие колебания. При башмачном торможении на сортировочных горках высокий коэффициент трения приводит к скачкам колесной пары, которые обычно заканчиваются ее сходом. Как уже упоминалось, регулировщики решают эту проблему смазыванием рельсов различными, пока не регламентированными смазочными материалами.

Коэффициент сцепления заторможенной колесной пары с рельсом рассчитывался как отношение предельного тягового усилия к нагрузке на ось:

$$f_{\text{сц}} = \frac{F_{\text{тяги}}}{N_{\text{ось}}},$$

где $F_{\text{тяги}}$ — максимальное тяговое усилие страгивания подбашмаченной колесной пары с места; $N_{\text{ось}} = 25 \text{ т}$ — нагрузка на первую ось вагона. В ходе испытаний были определены коэффициенты сцепления при скольжении подбашмаченной колесной пары под вагоном с нагрузкой 25 т/ось по рельсам с различным состоянием поверхности трения (табл. 2).

Вкатывание колеса на серийный башмак происходило при силе тяги $F_{\text{тяги}} = 8400 \text{ кг}$ (коэффициент сцепления $f_{\text{сц}} = 0,34$). При этом деформировались полоз и ручка (рис. 15, а). Опытный башмак не повреждался при предельной силе тяги тяговой установки стенда-горки $F_{\text{тяги}} = 10\,100 \text{ кг}$ (коэффициент сцепления $f_{\text{сц}} = 0,40$).

Перекачивание колес через тормозные башмаки представляет серьезную опасность, поскольку при больших скоростях приводит почти к 100%-ной вероятности сброса подвижного состава с рельсов. Именно по этой причине стояночные башмаки в настоящее время запираются на ключ в специальных стеллажах, и за ними ведется строгий учет. Башмаки новой конструкции спроектированы таким образом, что даже в невероятном случае перекачивания башмак расплющивается и опасность схода составов с рельсов не возникает. Для определения характера повреждения опытного башмака были проведены испытания неупрочненных башмаков, которые подтвердили результаты расчетов (рис. 15, б).

Испытания также показали, что при обратном наезде колеса на башмак ручка башмака не деформируется, а порожек на носке полоза может удержать вагон на обратном уклоне до $i = 11,2\%$ ($\alpha = 0,64$ град). В ходе испытаний выяснилось, что колодка принятой ширины 60 мм упирается в выкружку гребня, в результате

чего возникают большие боковые усилия, стремящиеся выдавить башмак наружу колеи. Это было учтено при корректировке конструкции башмаков для установочной серии. На рис. 16 представлена одна из перспективных моделей стояночного башмака, спроектированная в симуляторе SOLIDWORKS®.

Эта модель прошла апробацию на станциях Москва-Товарная Октябрьской железной дороги и Лосиноостровская Московской железной дороги на путях с различными радиусами и уклонами под вагонами с различной нагрузкой на ось и диаметром колес.

По результатам проведенных испытаний были внесены корректировки в конструкторскую документацию и изготовлена установочная партия новых легких башмаков, предназначенных для закрепления составов на станционных путях (рис. 17). Материалы и размеры нового башмака являются предметом ноу-хау.

Выводы. 1. Анализ конструкций и наблюдение за работой башмаков в парках формирования показали, что горочный тормозной башмак, применяемый в настоящее время для закрепления составов, имеет ряд недостатков.

2. АО «ВНИИЖТ» совместно с Центральной дирекцией управления движением ОАО «РЖД» (ЦД)

Таблица 2

Средние коэффициенты сцепления при различных состояниях поверхности трения рельсов

Table 2

Average coupling coefficients of the various states of the friction surface of the rails

Состояние рельсов	Коэффициент сцепления
Смазанные смазкой ПУМА	0,12 – 0,14
Смоченные водой	0,15 – 0,26
Сухие	0,24 – 0,31
Посыпанные песком (пониженная влажность)	0,30 – 0,40
Посыпанные песком (повышенная влажность)	0,24 – 0,35

впервые сформулированы технические требования к тормозному башмаку для закрепления составов (стояночному башмаку) и разработан инновационный стояночный тормозной башмак.

3. С использованием компьютерного моделирования получены основные параметры модели, выбрана и рассчитана оптимальная конструкция стояночного башмака.

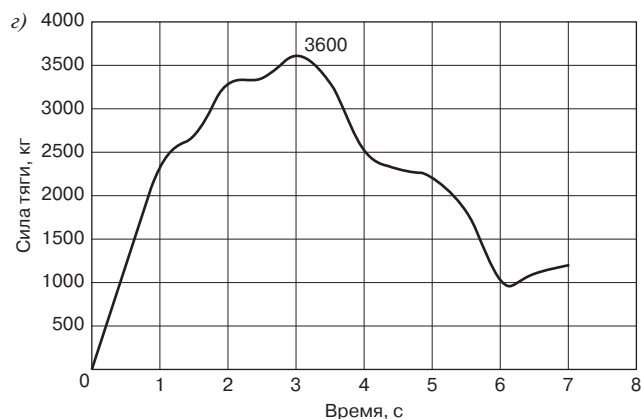
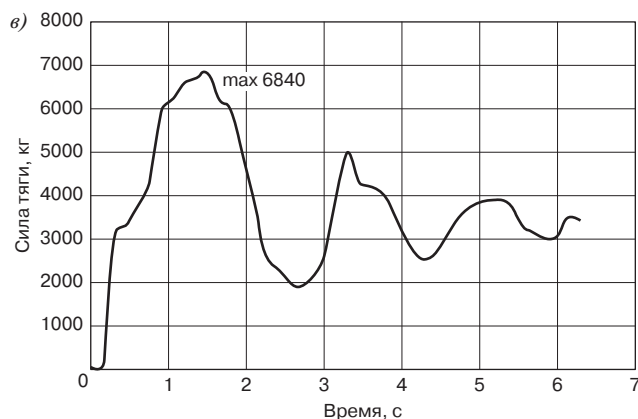
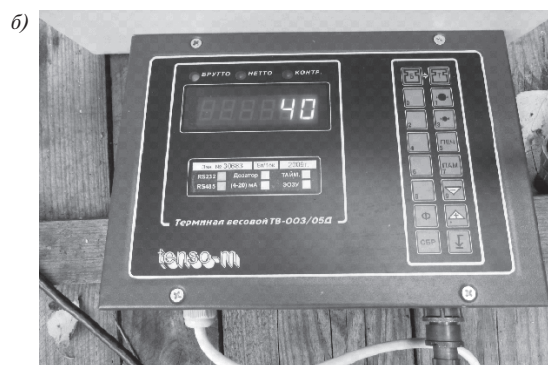
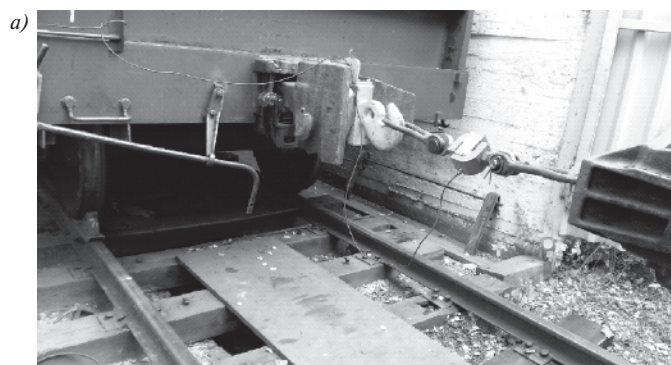


Рис. 14. Крепление упругого элемента весоизмерительного устройства ТВЕУ-20Г на автосцепках вагонов (а), терминал ТВЕУ-20Г (б) и примеры диаграмм зависимости тягового усилия от времени при скольжении серийного башмака по рельсу, посыпанному песком (е) и смазанному маслом (з)

Fig. 14. Fixing elastic element of weighing device TVEU-20G on automatic couplers of cars (a), TVEU-20G terminal (b) and examples of diagrams of dependencies of traction effort on the time during sliding of serial hump shoe on the rail covered with sand (e) and oiled (z)



Рис. 15. Характер повреждений при вкатывании колеса на упорную колодку:

a — серийного горочного башмака; *б* — опытного незакаленного башмака

Fig. 15. Nature of damages during the wheel running over packing block:

a — serial hump shoe; *b* — tested non-hardened rail skate

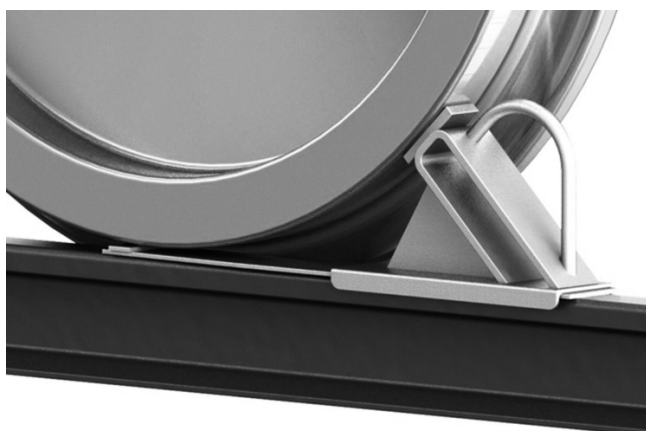


Рис. 16. Перспективная модель стояночного башмака, рассчитанная в симуляторе SOLIDWORKS®

Fig. 16. Perspective rail skate model, designed in SOLIDWORKS® simulator

4. Предварительные полигонные испытания опытных образцов стояночных башмаков новой конструкции показали, что они превосходят применяемые в настоящее время по всем показателям и прежде всего повышают безопасность движения.

5. С учетом результатов предварительных полигонных испытаний были скорректированы требования к стояночному башмаку и изготовлена установочная



Рис. 17. Стояночный башмак по ТТ БТС-ВНИИЖТ-2015, чертеж ТМ 37.01.16—01 СБ

Fig. 17. Rail skate by ТТ-ВТС VNIIZhT-2015, drawing ТМ 37.01.16—01 SB

серия инновационных башмаков для испытания на станционных путях. Испытания установочной серии будут проведены в 2016 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Несветова Е.А. Технические средства обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2015. 104 с.
2. Образцов В.Н. Станции и узлы. М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
3. Апатцев В.И., Ефименко Ю.И. Железнодорожные станции и узлы. М.: ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. 855 с.
4. О закреплении составов стояночными тормозными башмаками / Д. П. Марков [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2015. № 12. С. 38—40.
5. Расширенные эксплуатационные испытания железнодорожных тормозных горочных башмаков новой конструкции / М. В. Забавина [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 4. С. 33—38.
6. Get a grip on your freight cars // Railway Age. 2009. № 7. P. 35.
7. Rawie. Neuartiger Radvorleger // Der Eisenbahningenieur. 2005. № 11. S. 114.
8. Железнодорожные тормозные горочные башмаки: история и перспективы / С.А. Сапожников [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2014. № 5. С. 38—43.
9. Альбом типовых тормозных башмаков широкой и узкой колеи и приспособлений для их установки и сбрасывания / составитель ПКБ ЦП. М.: Главное управление движения МПС, 1959. 31 с.
10. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Приложение № 8 к Правилам «Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации». Приложение № 17 к Инструкции «Нормы и основные правила закрепления железнодорожного подвижного состава тормозными башмаками»: с изменениями и дополнениями от 12 августа 2011 г., 4, 13 июня 2012 г. М.: Техинформ, 2000. 190 с.
11. Методические указания по расчету и применению норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками на станционных путях. ЦДТ-32: утв. Департаментом упр. перевозками 25.01.2005: введены в действие 31.01.2005 / ОАО «Российские железные дороги», Департамент упр. перевозками. М., 2005. 46 с.
12. Глушко М.И., Фёдоров Е.В. Закрепление вагонов автономными средствами // Вагоны и вагонное хозяйство. 2012. № 3. С. 36—37.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

МАРКОВ Дмитрий Петрович,

д-р техн. наук, главный научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

ВОРОНИН Игорь Николаевич,

заведующий лабораторией «Тормозные системы и фрикционные материалы подвижного состава», АО «ВНИИЖТ»

ШИПУЛИН Николай Павлович,
главный инженер, Центральная дирекция управления движением ОАО «РЖД» (ЦД)

МАРШЕВ Владимир Иванович,
старший научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

СУХОВ Алексей Владимирович,
канд. техн. наук, заведующий отделением «Транспортное материаловедение», АО «ВНИИЖТ»

ЗАБАВИНА Марина Викторовна,
инженер, АО «ВНИИЖТ».

ГУЗАНОВ Валерий Васильевич,
начальник технического отдела службы технической политики, Центральная дирекция управления движением ОАО «РЖД» (ЦД)

КУМИНОВ Алексей Владимирович,
заместитель начальника технического отдела службы технической политики, Центральная дирекция управления движением ОАО «РЖД» (ЦД)

Статья поступила в редакцию 14.04.2015 г., актуализирована: 10.06.2015 г.; 16.02.2016 г.; 9.08.2016 г., принята к публикации 18.08.2016 г.

Rail skates for fixing rolling stock on the station tracks. Ground tests

D. P. MARKOV¹, I. N. VORONIN¹, N. P. SHIPULIN², V. I. MARSHEV¹, A. V. SUKHOV¹, M. V. ZABAVINA¹, V. V. GUZANOV², A. V. KUMINOV²

¹Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

²Central Traffic Control Directorate — branch of JSC "Russian Railways", Moscow, 107996, Russia

Abstract. Currently manual brake shoes on Russian railways are used to solve two main tasks: to adjust uncoupling speed at humps (hump shoes), and to fix the rolling stock on the railway tracks. Peculiarities of their work on the station tracks were analyzed. Article proves that the working conditions of the hump shoes and rail skates are significantly different and the need for specialized brake shoes, separately for brake cut of cars and fixing rolling stocks, is justified. It is shown that at the present time, under certain conditions the wheels can roll over the brake shoes, so that the complete elimination of the derailment probability of wheelsets or unauthorized motion of trains cannot be guaranteed. Together with the Central Directorate of traffic management of the JSC "Russian Railways" in 2015 for the first time the technical requirements were developed for rail skate for fixing rolling stocks on station tracks and a new design of rail skates was made. Weight of the prototype samples of new rail skates is almost 2 times less than the hump shoe, thus almost completely excludes the possibility of rolling wheels over rail skates, spontaneous run of trains, and thus increased traffic safety, damage to the shoe handle eliminated as well as flattening or cracking of the shoe front end. The main results of tests of prototype samples at the Test Loop of JSC "VNIIZhT" at the St. Shcherbinka allowed making beneficial changes in the design of the rail skates of mounting series.

Keywords: rail skates; operation conditions when fixing rolling stock; features calculations; ground tests; technical requirements; new design

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-5-308-317>

REFERENCES

1. Nesvetova E. A. *Tekhnicheskie sredstva obespecheniya bezopasnosti na zheleznodorozhnom transporte* [Technical means for ensuring safety of railway transport]. Khabarovsk, DVGUPS Publ., 2015, 104p.
2. Obratstov V. N. *Stantsii i uzly* [Stations and junctions]. Moscow, Traszheldorizdat Publ., 1938, 492 p.
3. Apattsev V. I., Efimenko Yu. I. *Zheleznodorozhnye stantsii i uzly* [Railway stations and junctions]. Moscow, FGBOY "UMTs ZhDT" Publ., 2014, 855p.
4. Markov D. P., Sapozhnikov S. A., Marshev V. I., Voronin I. N., Zabavina M. V. *O zakreplenii sostavov stoyanochnymi tormoznymi bashmakami* [About fixing trains with parking brake shoes]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway transport], 2015, no. 12, pp. 38–40.
5. Zabavina M. V., Markov D. P., Sapozhnikov S. A., Vorob'eva Zh. G., Voronin I. N., Marshev V. I. *Rasshirennye ekspluatatsionnye ispytaniya zheleznodorozhnykh tormoznykh gorochnykh bashmakov novoy konstruktii* [Enhanced operational tests of railway braking hump shoes of new design]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2015, no. 4, pp. 33–38.
6. *Get a grip on your freight cars*, Railway Age. 2009, no. 7, 35 p.

■ E-mail: markov.dmitry@vniizht.ru (D. P. Markov)

7. Rawie. Neutartiger Radvorleger, *Der Eisenbahningenieur*, 2005, no. 11, 114 p.

8. Sapozhnikov S. A., Markov D. P., Vorob'eva Zh. G., Voronin I. N., Zabavina M. V., Marshev V. I. *Zheleznodorozhnye tormoznye gorochnye bashmaki: istoriya i perspektivy* [Railway hump brake shoes: History and Perspectives]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2014, no. 5, pp. 38–43.

9. *Al'bom tipovykh tormoznykh bashmakov shirokoy i uzakoy kolei i prispobleniy dlya ikh ustanovki i sbrasyvaniya* [Album of standard brake shoes for wide and narrow gauge and tools for its installation and dropping]. Moscow, Glavnoe upravlenie dvizheniya MPS, sostavitel' PKB TsP [General Directorate of transport of the Ministry of Railways, compiled by the PKB TsP], 1959, 31p.

10. *Rules of technical operation of railways of the Russian Federation, Appendix №8 to the Rules "Instruction on train motion and shunting operations on the Russian railways", Appendix №17 to the Rules "Norms and basic rules for fixing brake shoes of railway rolling stock"*, with changes and additions from August 12, 2011 and 4, 13 June 2012. Moscow, Tekhinform Publ., 2000, 190 p. (in Russ.)

11. *Guidelines on the calculation and application of norms for fixing rolling stock with brake shoes on station tracks: TsDT-32*. Approved by the Department of Transport Management on 25 January 2005, JSC Russian Railways, Department of Transport Management. Moscow, 2005, 40p. (in Russ.)

12. Glushko M. I., Fedorov E. V. *Zakreplenie vagonov avtonomnyimi sredstvami* [Fixing the cars by autonomous facilities]. *Vagony i vagonnoe khozyaystvo* [Cars and car facilities], 2012, no. 3, pp. 36–37.

ABOUT THE AUTHORS

MARKOV Dmitry Petrovich,
Dr. Sci.(Eng.), Chief Researcher, JSC "VNIIZhT"

VORONIN Igor Nikolaevich,
Head of Laboratory "Brake systems and friction materials for rolling stock", JSC "VNIIZhT"

SHIPULIN Nikolay Pavlovich,
Chief Engineer, Central Traffic Control Directorate JSC "RZD" (TsD)

MARSHEV Vladimir Ivanovich,
Senior Researcher, JSC "VNIIZhT"

SUKHOV Aleksey Vladimirovich,
Cand. Sci.(Eng.), Head of Department "Transport material science", JSC "VNIIZhT"

ZABAVINA Marina Viktorovna,
Engineer, JSC "VNIIZhT"

GUZANOV Valeriy Vasil'evich,
Head of Technical department of the Technical policy service of Central Traffic Control Directorate JSC "RZD" (TsD)

KUMINOV Aleksey Vladimirovich,
Deputy Head of Technical department of the Technical policy service of Central Traffic Control Directorate JSC "RZD" (TsD)

Received 14.04.2015

Revised 10.06.2015; 16.02.2016; 09.08.2016

Accepted 18.08.2016