

Результаты стендовых испытаний усовершенствованного клещевого механизма дискового тормоза с новыми тормозными накладками пассажирского вагона

М. В. ГУДАС¹, Г. Н. ГОРЮНОВ¹, С. А. СОРОКИН¹, С. А. ДЕМЕНТЬЕВ², Д. Ю. ПАЗУХИН², А. А. СЕМЕНОВ²

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

² Закрытое акционерное общество Научная организация «Тверской институт вагоностроения» (ЗАО НО «ТИВ»), Тверь, 170003, Россия

Аннотация. Представлены основные результаты стендовых и сравнительных испытаний опытного образца усовершенствованного клещевого механизма, специально созданного для применения с новой фрикционной парой — тормозными накладками с металлокерамикой «Диск-254» производства ООО «Диск» и стальным диском из стали 20X13 диаметром 640 мм и толщиной 40 мм. Сделаны выводы и предложены рекомендации.

Ключевые слова: дисковый тормоз; клещевой механизм; тормозные накладки; стендовые испытания; циклическое нагружение; сравнительные испытания

Введение. В современных тормозных системах разработчики применяют разные фрикционные материалы: чугун (серый, перлитный, фосфористый различных модификаций); фрикционные асболополимеры (ФАПМ); композиты и металлокерамику [1–5]. В истории разработки и внедрения отечественных дисковых тормозов, ведущей свое начало еще от поезда-экспресса № 159/160 «Аврора», проблема подбора пары трения оказалась особенно острой. За почти четверть века было проведено несколько серий масштабных исследований по определению тормозной эффективности и износостойкости тормозных накладок (как композиционных, так и металлокерамических), последние из которых завершились в 2010 г. [6]. Испытанные тормозные накладки Т-15 № 3 подтвердили соответствие международным нормативам [7] и оказались в 3 раза более износостойкими, чем все образцы, испытанные ранее [8] (в том числе и эксплуатируемые ныне металлокерамические накладки типа «Челябинск-8»). Однако из-за высокой себестоимости накладки Т-15 № 3 оказались совершенно неконкурентоспособными.

Также можно отметить существенное повышение интереса к совершенствованию конструкции клещевого механизма [9, 10].

Постановка задачи. Помимо этого, за время эксплуатации пассажирских вагонов производства Тверского вагоностроительного завода (ОАО «ТВЗ») в период с 2001 по 2015 г. был выявлен ряд недостатков как у унифицированного дискового тормоза производства ОАО «ТВЗ», которым было оборудовано 1200 пассажирских вагонов, так и у импортного тормозного оборудования компании «Кнорр-Бремзе», Германия (1764 пассажирских вагонов).

Как установлено, клещевые механизмы производства ОАО «ТВЗ» имеют следующие недостатки:

- небольшой средний пробег тормозных накладок (от 18 до 22 тыс. км) вследствие массовой отбраковки по параметру достижения недопустимого клинового износа;
- небольшой срок службы (до 6 лет) клещевого механизма;
- отсутствие возможности ремонта и восстановления изношенных деталей клещевого механизма.

Тормозное оборудование компании «Кнорр-Бремзе», хотя и обеспечивает значительно большие межремонтные пробеги, но, в свою очередь, отличается повышенной стоимостью комплектующих и сервисного обслуживания.

Для решения задач совершенствования тормозного оборудования в 2015–2016 гг. ЗАО НО «ТИВ» совместно с ОАО «ТВЗ» был разработан и изготовлен опытный образец усовершенствованного клещевого механизма (рис. 1).

Пути разработки и результаты испытаний. Конструкция усовершенствованного клещевого механизма позволяет минимизировать клиновой износ накладок за счет исключения шарнира в вертикальной плоскости и выбора оптимальной точки приложения нагрузки в горизонтальном направлении. При этом также изменена конструкция держателя накладок, позволяющая облегчить замену накладок без использования дополнительных инструментов.

■ E-mail: gudas.mikhail@vniizht.ru (М. В. Гудас)

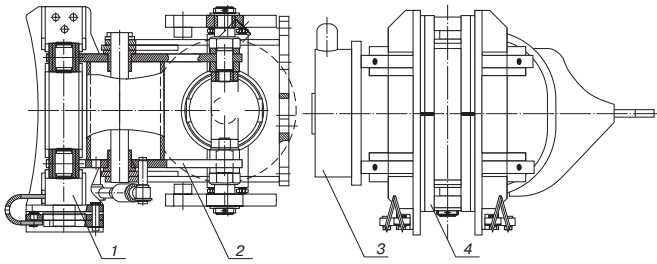


Рис. 1. Усовершенствованный клещевой механизм:
1 – держатель накладок; 2 – клещевой механизм;
3 – тормозной цилиндр; 4 – накладка
Fig. 1. Improved caliper mechanism:
1 – pad holder; 2 – caliper; 3 – brake cylinder; 4 – pad

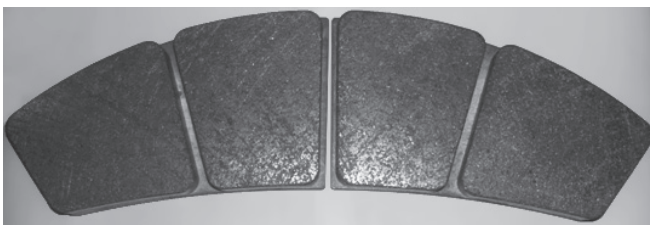


Рис. 2. Тормозные накладки с металлокерамикой «Диск-254» производства ООО «Диск»
Fig. 2. Brake pads with cermet "Disk-254" manufactured by LLC "Disk"

Данный клещевой механизм был специально разработан для применения с новой фрикционной парой — тормозными накладками с металлокерамикой «Диск-254» производства ООО «Диск» (рис. 2) и стальным диском из стали 20Х13 диаметром 640 мм и толщиной 40 мм.

В отличие от применяемой предлагаемая накладка имеет видоизмененный контур прилегаемой поверхности, позволяющий более равномерно распределить температуру по ее поверхности в процессе торможения.

Усовершенствованный клещевой механизм в комплекте с новыми тормозными накладками в настоящее время уже прошел стендовые испытания на предмет:

1. Определения тормозных характеристик (тормозной путь и коэффициент трения).
2. Исследования клиновидного износа накладок.
3. Сравнения основных характеристик различных тормозных накладок.

Испытания проводились на тормозном инерционном стенде ЗАО НО «ТИВ» [6]. Первый этап испытаний включал в себя проверку основных тормозных характеристик блока и фрикционных показателей пары трения. Согласно программе испытаний на данном этапе проводились следующие проверки:

- приработка накладок к диску серией торможений с начальных скоростей от 100 до 140 км/ч при давлении в тормозном цилиндре 0,42 МПа до достижения площади приработанного контакта 90% контактной площади накладки;
- определение коэффициентов трения и тормозных путей при остановочных торможениях с начальных скоростей 80, 100, 120, 140, 160, 180 и 200 км/ч в режимах сухого трения;
- определение коэффициентов трения и тормозных путей при остановочных торможениях с начальных скоростей 80, 100, 120, 140, 160, 180 и 200 км/ч с поливом диска водой;
- определение статического коэффициента трения пары «диск — накладка»;
- контроль необходимой огнестойкости пары трения;
- определение предельной температуры, при которой сохраняются фрикционные свойства материала металлокерамических накладок;
- определение вибропрочности и вибростойкости конструкции накладки.

На втором этапе для определения клиновидного износа тормозных накладок были проведены испытания тормоза на долговременную циклическую нагрузку с параметрами торможения, близкими к эксплуатационным нагрузкам. Для имитации эксплуатационных нагрузок на дисковый тормоз использовался график движения поезда «Буревестник» по маршруту Нижний Новгород — Владимир с поправкой на повышение его максимальной скорости со 130 до 160 км/ч (рис. 3). На данном этапе было проведено 50 циклов испытаний по графику движения поезда, при этом один цикл соответствовал пробегу вагона, равному 250 км. После каждого испытания производился визуальный осмотр клещевого механизма, накладок и диска.

Целью третьего этапа стало проведение сравнительных стендовых испытаний тормозных металлокерамических накладок «Диск-254» и применяемых в настоящее время тормозных металлокерамических накладок «Челябинск-8».

Результаты испытаний представлены в таблице.

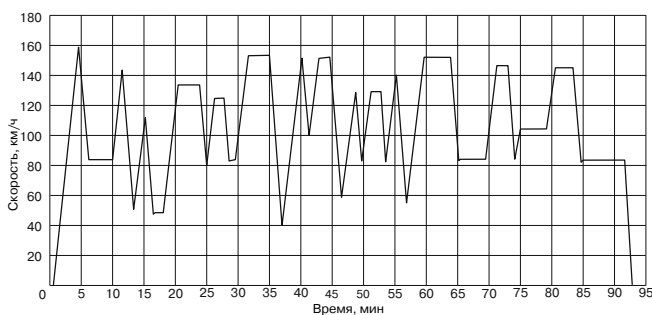


Рис. 3. График движения поезда «Буревестник» по маршруту Нижний Новгород — Владимир с поправкой на повышение максимальной скорости со 130 до 160 км/ч

Fig. 3. Train schedule for the Burevestnik train on the Nizhny Novgorod — Vladimir route, adjusted for an increase in the maximum speed from 130 to 160 km/h

Результаты испытаний по определению основных характеристик накладок «Диск-254» и «Челябинск-8»
Results of tests to determine the main characteristics of the pads “Disk-254” and “Chelyabinsk-8”

Начальная скорость торможения, км/ч	Режим сухого трения					Режим с поливом диска водой					Удельный объемный износ тормозных накладок, см ³ /кВт·ч		Температура поверхности тормозного диска при начальной скорости торможения 200 км/ч, °С	
	Тормозной путь, м			Среднее значение коэффициента трения		Тормозной путь, м			Среднее значение коэффициента трения					
	Нормативное значение по п. 4.2.7.2 [9]	Челябинск-8	Диск-254	Нормативное значение по п. 4.3 табл. 4.6 [10]	При испытаниях (max/min)	Нормативное значение по п. 4.2.7.2 [9]	Челябинск-8	Диск-254	Нормативное значение по п. 4.3 табл. 4.6 [10]	При испытаниях (max/min)	Челябинск-8	Диск-254	Челябинск-8	Диск-254
80	–	238	224	0,30–0,45	0,33	–	–	227	0,25, не менее	0,33	1,802	0,523	365	540
100	700	423	348		0,33	700	–	355		0,34/0,33				
120	1000	622	480		0,32	1000	–	491		0,33				
140	1100	850	639		0,32	1100	–	665		0,32				
160	1450	1115	858		0,32/0,31	1450	–	880		0,32/0,31				
180	–	1396	1105	0,30–0,42	0,32/0,31	–	–	1116	0,32/0,31					
200	2100	1740	1381		0,31	2100	–	1387	0,32					

Как показывают результаты испытаний, приведенные в таблице, значения коэффициентов трения в режимах сухого трения и с подачей воды, отклонения величин коэффициентов трения при испытаниях с подачей воды от соответствующих значений при испытаниях всухую, а также значения полученного коэффициента статического трения, фрикционные свойства накладок с металлокерамикой «Диск-254» полностью соответствуют требованиям ГОСТ 33724.1–2016 [10].

При проведении испытаний отсутствовало открытое пламя на поверхности трения при торможении, а температура, при которой сохраняются фрикционные свойства материала металлокерамических накладок, составила 579 °С при определенном ранее в [10] минимальном пороге, равном 550 °С.

После 50 циклов испытаний по графику движения поезда «Буревестник» горизонтальный клиновой износ секторов накладок находился в диапазоне от 0,5 до 1 мм, что не противоречит требованиям п. 19 приложения 1 «Правил технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава».

Также по окончании испытаний было зафиксировано отсутствие на паре трения трещин, кольцевых выработок, прижогов в виде кольцевых полос или пятен диаметром более 80 мм. Фотографии поверхностей диска и накладок после завершения испытаний приведены на рис. 4 и 5.

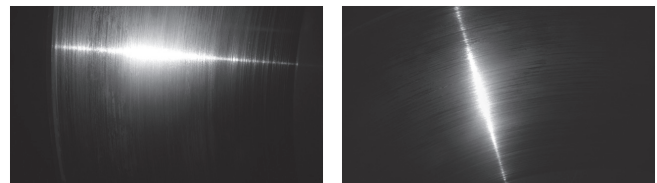


Рис. 4. Внешний вид тормозного диска после испытаний
Fig. 4. Appearance of the brake disc after the tests

В ходе анализа результатов испытаний (см. таблицу) установлено, что тормозные характеристики усовершенствованного клещевого механизма в комплекте с новыми тормозными накладками «Диск-254» и стальным диском из стали 20Х13 удовлетворяют требованиям п. 4.2.7.2 ГОСТ Р 55182–2012 [9].

При этом тормозные накладки «Диск-254» в сравнении с накладками «Челябинск-8» обладают даже более высокой тормозной эффективностью по максимальным значениям тормозных путей. Так, в диапазоне начальных скоростей торможения 40–200 км/ч уменьшение тормозного пути находится в пределах 3,4–33,0%.

Стоит отметить, что при начальных скоростях торможения 100–200 км/ч, тормозная эффективность накладок «Диск-254» становится особенно заметной: уменьшение тормозного пути составляет 21,6–33,0%. После завершения всех трех этапов испытаний был проведен визуальный контроль состояния клещевого механизма: трещин рычагов и башмаков обнаружено не было.

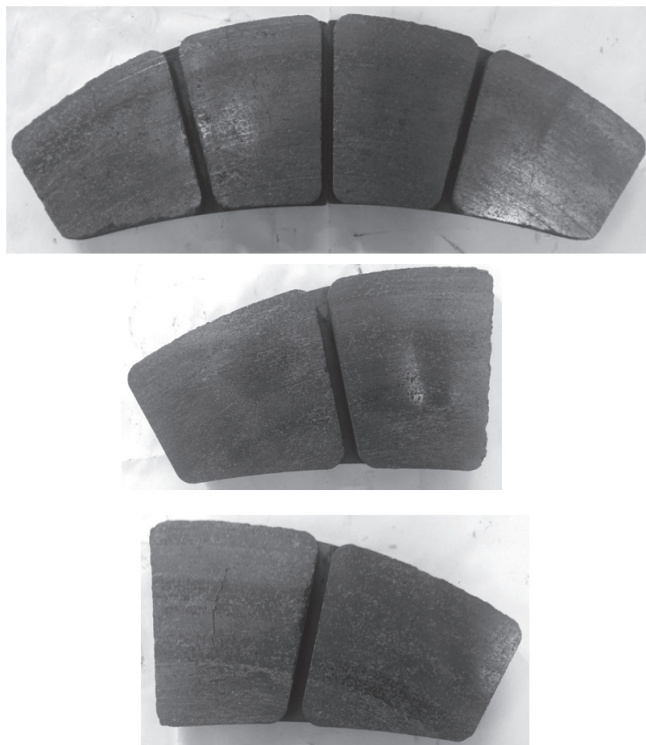


Рис. 5. Внешний вид тормозных накладок после испытаний
Fig. 5. Appearance of the brake pads after the tests

В таблице также приведены результаты испытаний накладок на износостойкость. Как видно из анализа этих данных, тормозные накладки «Челябинск-8» после серии экстренных торможений имеют повышенный (в 3,45 раз) по сравнению с накладками «Диск-254» удельный объемный износ ($1,802 \text{ см}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$ и $0,523 \text{ см}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$ соответственно). При этом стоит отметить, что оба испытанных образца удовлетворяют международным нормам по износостойкости [7], которые при торможениях с начальных скоростей до 200 км/ч допускают износ тормозных накладок не более $2 \text{ см}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$.

Выводы. 1. Усовершенствованный клещевой механизм в комплексе с новыми тормозными накладками «Диск-254» в паре трения со стальным диском из стали 20X13 удовлетворяет требованиям нормативов для пассажирских вагонов с максимальной скоростью движения 200 км/ч.

2. Фрикционные свойства накладок с металлокерамикой «Диск-254» полностью соответствуют требованиям ГОСТ 33724.1–2016 «Оборудование тормозное пневматическое железнодорожного подвижного состава. Требования безопасности и методы контроля. Часть 1. Воздухораспределители, краны машиниста, блоки тормозные, изделия резиновые уплотнительные».

3. Удельный объемный износ тормозных накладок «Диск-254» составляет $0,523 \text{ см}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$, что соответству-

ет требованиям п. 4.7.2.16 ГОСТ Р 55182–2012 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования» и памятки МСЖД 541-3 «Дисковые тормоза и их применение. Общие условия для аттестации тормозных накладок». При этом износостойкость накладок «Диск-254» в 3,45 раза превышает показатели износостойкости накладок «Челябинск-8».

4. Усовершенствованный клещевой механизм в комплексе с новыми тормозными накладками «Диск-254» и стальным диском из стали 20X13 может быть рекомендован для дальнейшей проверки при ходовых тормозных испытаниях и опытной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрикционные материалы на базе углерод-углеродных и углерод-асбестовых волокон для тормозных устройств / В. Н. Старченко [и др.] // Железные дороги мира. 2006. № 2. С. 38–42.
2. Лабренц Ф. Сравнение концепций высокоскоростных поездов Европы // Железные дороги мира. 2004. № 9. С. 32–38.
3. Zander C.-P. Metal-ceramic braking clamps on powerful locomotives // Glasers Annalen. 2001. № 4. P. 157–165.
4. Potential and limits of opportunities of the block brake / H.-R. Ehlers et. al. // Glasers Annalen. 2002. № 6/7. P. 290–300.
5. Вуколов Л. А., Жаров В. А. Сравнительные характеристики тормозных колодок различных поставщиков // Вестник ВНИИЖТ. 2005. № 2. С. 16–20.
6. Поиск рациональной композиции для металлокерамических накладок вагонного тормоза с дисками из нержавеющей стали / И. В. Назаров [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2013. № 2. С. 35–39.
7. Памятка МСЖД 541-3. Дисковые тормоза и их применение. Общие условия для аттестации тормозных накладок. 7-я ред. [Б. м.], 2010. 86 с.
8. Износостойкость накладок дисковых тормозов скоростных вагонов / А. В. Казаринов [и др.] // Вопросы развития железнодорожного транспорта в условиях рыночной экономики: сб. ст. молодых ученых и аспирантов / под ред. Ю. М. Черкашина и Г. В. Гогричиани. М.: Интекст, 2007. С. 33–40.
9. ГОСТ Р 55182–2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2013. 28 с.
10. ГОСТ 33724.1–2016. Оборудование тормозное пневматическое железнодорожного подвижного состава. Требования безопасности и методы контроля. Часть 1. Воздухораспределители, краны машиниста, блоки тормозные, изделия резиновые уплотнительные. М.: Стандартинформ, 2016. 56 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ГУДАС Михаил Владимирович,
заведующий отделением «Автотормозные системы»,
АО «ВНИИЖТ»

ГОРЮНОВ Григорий Николаевич,
заведующий лабораторией «Инженерный центр»,
отделение «Автотормозные системы», АО «ВНИИЖТ»

СОРОКИН Сергей Арсеньевич,
ведущий инженер, отделение «Автотормозные системы»,
АО «ВНИИЖТ»

ДЕМЕНТЬЕВ Сергей Александрович,
инженер-конструктор, ЗАО НО «ТИВ»

ПАЗУХИН Дмитрий Юрьевич,
руководитель испытательного центра, ЗАО НО «ТИВ»

СЕМЕНОВ Александр Алексеевич,
инженер, ЗАО НО «ТИВ»

Статья поступила в редакцию 14.06.2017 г., актуализирована 19.11.2017 г., принята к публикации 19.12.2017 г.

Results of bench tests of the improved caliper mechanism of the disc brake with the new brake pads of the passenger car

M. V. GUDAS¹, G. N. GORYUNOV¹, S. A. SOROKIN¹, S. A. DEMENT'EV², D. Yu. PAZUKHIN², A. A. SEMENOV²

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

² Closed Joint Stock Company Scientific Organization "Tver Car Building Institute" (CJSC NO "TIV"), Tver, 170003, Russia

Abstract. A number of shortcomings was identified during the period of operation of passenger cars produced by JSC "TVZ" in the period from 2001 to 2015, both with the unified disc brake produced by JSC "TVZ", which is installed in 1200 passenger cars, and imported brake equipment of German company Knorr-Bremse (1764 passenger cars). To solve the problems of improving brake equipment in 2015–2016 CJSC "NO TIV" together with JSC "TVZ" designed and created a prototype of an improved caliper mechanism specially designed for use with a new friction pair — brake pads "Disk-254" with cermet manufactured by LLC "Disk" and 20X13 steel disk with a diameter of 640 mm and a thickness of 40 mm.

The results of bench tests, cyclic loading and comparative tests of the improved caliper mechanism enable to draw the following conclusions:

1. Improved caliper mechanism in conjunction with the new brake pads "Disk-254" in a pair of friction with 20X13 steel disc meets the requirements of standards for passenger cars with maximum speed of 200 km/h.

2. Frictional properties of pads with cermet "Disk-254" fully comply with the requirements of GOST 33724.1–2016 "Pneumatic brake equipment of railway rolling stock. Safety requirements and methods of control. Part 1. Air distributors, driver cranes, brake blocks, rubber sealing products".

3. Specific volumetric wear of the brake pads "Disk-254" is 0.523 cm³/kWh, which corresponds to the requirements of cl. 4.7.2.16 of GOST R 55182–2012 "Passenger cars of locomotive traction. General technical requirements" and UIC CODE 541-3 "Disc brakes and its application. General conditions for the certification of brake linings". At the same time, the wear resistance of the discs "Disk-254" is 3.45 times higher than the wear resistance of the "Chelyabinsk-8" pads.

Keywords: disc brake; caliper mechanism; brake pads; bench tests; cyclic load; comparative tests

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-1-13-17>

REFERENCES

1. Starchenko V. N., Gurin V. A., Bykadorov V. P., Shapran E. N. *Friktsionnye materialy na baze ughlerod-uglerodnykh i ughlerod-asbestovykh volokon dlya tormoznykh ustroystv* [Frictional materials based on carbon-carbon and carbon-asbestos fibers for braking devices]. *Zheleznnye dorogi mira*, 2006, no. 2, pp. 38–42.
2. Labrents F. *Sravnenie kontseptsiy vysokoskorostnykh poezdov Evropy* [Comparison of the concepts of high-speed trains in Europe]. *Zheleznnye dorogi mira*, 2004, no. 9, pp. 32–38.
3. Zander C.-P. *Metal-ceramic braking clamps on powerful locomotives*. *Glasers Annalen*, 2001, no. 4, pp. 157–165.
4. Ehlers H.-R. et. al. *Potential and limits of opportunities of the block brake*. *Glasers Annalen*, 2002, no. 6/7, pp. 290–300.

5. Vukolov L. A., Zharov V. A. *Sravnitel'nye kharakteristiki tormoznykh kolodok razlichnykh postavshchikov* [Comparative characteristics of brake pads of different suppliers]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2005, no. 2, pp. 16–20.

6. Nazarov I. V., Gorskiy D. V., Gudas M. V., Pazukhin D. Yu. *Poisk ratsional'noy kompozitsii dlya metallokeramicheskikh nakladok vagonnogo tormoza s diskami iz nerzhavayushchey stali* [Searching for a rational composition for metal-ceramic pads of car brakes with stainless steel wheels]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2013, no. 2, pp. 35–39.

7. UIC CODE 541-3. *Disc brakes and its application. General conditions for the certification of brake pads*. 7th edition. [S. I.], 2010, 86 p.

8. Kazarinov A. V. et. al. *Iznosostoykost' nakladok diskovykh tormozov skorostnykh vagonov* [Wear resistance of disc brake pads of high-speed cars]. *Voprosy razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v usloviyakh rynochnoy ekonomiki* [Issues of railway transport development in a market economy]. Moscow, Intext Publ., 2007, pp. 33–40.

9. GOST R 55182–2012. *Passenger cars for locomotive traction. General technical requirements*. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 28 p.

10. GOST 33724.1–2016. *Brake pneumatic equipment for railway rolling stock. Safety requirements and methods of control. Part 1. Air distributors, crane operator, brake blocks, rubber sealing products*. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 56 p.

ABOUT THE AUTHORS

Mikhail V. GUDAS,

Head of the Department "Auto-brake systems", JSC "VNIIZhT"

Grigoriy N. GORYUNOV,

Head of the Laboratory "Engineering center", Department "Auto-brake systems", JSC "VNIIZhT"

Sergey A. SOROKIN,

Leading Engineer, Department "Auto-brake systems", JSC "VNIIZhT"

Sergey A. DEMENT'EV,

Engineer-designer, CJSC NO "TIV"

Dmitriy Yu. PAZUKHIN,

Head of the Test Center, CJSC NO "TIV"

Aleksander A. SEMENOV,

Engineer, CJSC NO "TIV"

Received 14.06.2017

Revised 19.11.2017

Accepted 19.12.2017

■ E-mail: gudas.mikhail@vniizht.ru (M. V. Gudas)