

УДК 622.683:629.4-592

Бахтурин Юрий Алексеевич

кандидат технических наук,
ВРИО ведущего научного сотрудника
лаборатории транспортных систем
карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: bakh2008@yandex.ru

Голышев Игорь Анатольевич

директор ООО «ПРОМ-ТЕХНО»,
620041, Екатеринбург,
ул. Маяковского, 14, оф. 137
e-mail: giacom@yandex.ru

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
ДВИЖЕНИЯ НА КАРЬЕРНОМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ
ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ
ТОРМОЗНОГО ПУТИ***Аннотация:*

В статье приводятся результаты испытаний тормозных колодок с улучшенными эксплуатационными характеристиками, применение которых позволяет повысить безопасность эксплуатации тяговых средств за счет снижения тормозного пути по сравнению с применением стандартных колодок, а также уменьшения опасности возникновения пожара за счет низкого уровня искрообразования. Время торможения сокращается на 25 %, тормозного пути тяговых средств – на 30 %. При этом срок службы высокофосфористых колодок в 2,5 – 4,0 раза превышает аналогичный показатель стандартных колодок, также улучшается ряд других эксплуатационных показателей.

Ключевые слова: карьерный железнодорожный транспорт, безопасность движения, тормозные колодки, тормозной путь, эксплуатационные испытания

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.01.114

Bakhtourin Yury A.

candidate of technical sciences,
chief researcher of the laboratory
of open pits transport systems
and geo-technique,
the Institute of mining, the Ural branch,
Russian academy of sciences,
620075, Yekaterinburg, Mamin-Sibiryak st., 58
e-mail: bakh2008@yandex.ru

Golyshev Igor A.

Director of LLC "INDUSTRIAL-TECHNO"
620041, Yekaterinburg,
Mayakovsky st., 14, of.137
e-mail: giacom@yandex.ru

**INCREASE OF SAFETY OF MOTION
ON QUARRY RAILWAY TRANSPORT
FOR ACCOUNT OF REDUCTION
OF BRAKING DISTANCE***Abstract:*

The article presents the results of tests of brake pads with improved performance, the use of which allows to increase the safety of operation of traction means for reducing braking distances compared to standard pads, as well as reduce the risk of fire due to the low level of sparking. The deceleration time is reduced by 25 %, stopping distance traction means 30 %. The life of high phosphorus pads in the 2,5 - 4,0 times more than standard pads, as well as improving a number of other performance indicators.

Keywords: quarry railway transport, traffic safety, brake pads, braking distances, performance testing

В современных условиях на крупных железорудных, угольных и асбестовых карьерах России и стран СНГ одним из основных видов технологического транспорта остается железнодорожный. Многолетний опыт применения электрифицированного железнодорожного транспорта на карьерах показывает его высокую эффективность при использовании в предпочтительных горнотехнических условиях эксплуатации. Известно, что развитие открытого способа добычи полезных ископаемых характеризуется усложнением горнотехнических условий, связанным с увеличением глубины карьеров. Это приводит к необходимости расширения области применения технологического железнодорожного транспорта за счет его более глубокого ввода в карьеры. Основным направлением развития и совершенствования карьерного транспорта на данном этапе считается увеличение уклонов путей до 60 – 80 %. Одним из определяющих ограничений

расширенного применения железнодорожного транспорта с повышенными уклонами путей является значительная величина нормативного тормозного пути. В целях сокращения тормозных путей и эффективной эксплуатации карьерного железнодорожного транспорта на существующих уклонах, а также на уклонах 60 – 80 % необходимо совершенствование как всей тормозной системы карьерных поездов, так и отдельных ее элементов. Основным способом торможения, применяемым на карьерном железнодорожном транспорте, является торможение фрикционными тормозными колодками по рабочей поверхности колес. Задача повышения эффективности работы автотормозов карьерного железнодорожного транспорта может быть решена путем применения тормозных колодок с повышенными эксплуатационными характеристиками (коэффициентом трения и износостойкостью).

В настоящее время колодки изготавливаются в основном из следующих материалов:

– обычного серого чугуна со вставками из белого, которые, повышая износостойкость колодок, значительно снижают их фрикционные свойства, при этом установка вставок в форме приводит к усложнению технологического процесса при отливке колодок;

– серого чугуна с введением ванадия (0,05 – 0,15 %) в качестве легирующего элемента, что позволяет устранить вставки из белого чугуна, упростить технологию изготовления и увеличить прочность колодок за счет повышения их монолитности, увеличить тормозные свойства и износостойкость за счет образования в структуре колодок таких составляющих как карбиды ванадия и ванадиевой эвтектики.

Исследования и предварительные испытания на ряде карьеров, проведенные сотрудниками ТЦ ИГД УрО РАН, показали, что имеются возможности существенного совершенствования технологии отливки и свойств материала, из которого изготавливаются колодки. Впоследствии был запатентован чугун для тормозных колодок [1]. Техническим результатом изобретения является повышение прочностных характеристик на 40 – 50 %, снижение хрупкости чугуна в тормозных колодках при одновременном повышении износостойкости на 15 – 20 % за счет измененной структуры. В дальнейшем ООО «Пром-Техно» создана локомотивная тормозная колодка из чугуна, легированного фосфором (Технические условия ТУ 3184-001-70797974-2004) [2], которая в сопоставлении с зарубежным аналогом американской фирмы "Abex Corp" (колодка типа Самсон) по своим эксплуатационным характеристикам имеет улучшенные показатели. Изготовлены опытные партии указанных колодок, и проведена серия опытно-промышленных испытаний тормозных экспериментальных колодок в соответствии с разработанными и утвержденными в установленном порядке программой и методикой. Испытания проводились в условиях карьеров ОАО «Ураласбест», ОАО «СУМЗ», ОАО «ВГОК» и др. на технологических и маневровых локомотивах в зимних и летних условиях эксплуатации, в широком диапазоне скоростей и режимов торможения. Эксплуатационные характеристики тормозных колодок, изготовленных в соответствии с [2] (в дальнейшем экспериментальные колодки), оценивались в сравнении с существующими локомотивными тормозными колодками, применяемыми на федеральном железнодорожном транспорте и промышленном транспорте России колеи 1520 мм по следующим показателям:

1. Тормозная эффективность (тормозной путь и время торможения).
2. Тепловой режим бандажей.
3. Износостойкость (износ колодок и прокат бандажей колесных пар локомотива).

Кроме того, проверяется работоспособность типовой рычажной передачи в режиме экстремальных тормозных нагрузок при полном обеспечении безопасности движения.

4. Карьерные пути с максимальными уклонами до 40 % и малыми радиусами кривых 500 м и менее. При этом должна быть обеспечена возможность выхода локомотива (поезда) на участок пути с противуклоном не менее 500 м.

Испытания проводились на локомотивах (тяговых агрегатах и тепловозах), оборудованных экспериментальными тормозными колодками, затем эти же локомотивы оборудовались тормозными колодками, изготовленными по ГОСТ 30249-97. В соответствии с методикой, для проведения эксплуатационных испытаний на локомотивы, оборудованные соответствующими тормозными колодками, устанавливается измерительно-регистрирующая аппаратура. Наносятся контрольные метки (риски) на бандаж и обод колеса на всех осях экспериментального локомотива. Замеряется толщина (прокат) бандажей. При испытаниях на тепловой режим толщина бандажа должна быть не менее 80 мм. При испытаниях на тормозную эффективность регистрировались следующие параметры процессов торможения:

- скорость движения;
- тормозной путь;
- температура бандажей;
- давление в тормозных цилиндрах;
- давление в тормозной магистрали;
- время торможения (с момента начала торможения до полной остановки).

При этом скорость движения, тормозной путь регистрируются по показаниям локомотивного скоростемера с помощью мерной ленты, температура бандажей – контактным термометром, давление сжатого воздуха в тормозном цилиндре и магистрали – по показаниям локомотивных манометров. Начальная скорость торможения фиксируется по показаниям локомотивного скоростемера, время торможения – по показаниям секундомера. Проверяется тормозная эффективность колодок по тормозному пути для одиночно следующего локомотива в режиме применения прямодействующего тормоза при предельно допустимом давлении в тормозном цилиндре, допускаемом местной инструкцией. Начальная скорость торможения – 15, 20, 25, 30, 35 км/ч. Оценка тормозной эффективности экспериментальных колодок производилась относительно сопоставимых величин тормозного пути при применении локомотивных колодок, изготовленных по ГОСТу 30249-97 в том же диапазоне скоростей. Средняя температура "нагрева" (перегрева) бандажей определяется как средняя из наиболее теплонагруженных локомотивных осей, устанавливаемых в ходе испытаний. Для ее определения замеряется контактным термометром температура бандажей до и после каждого опыта. Для оценки теплового режима бандажей в качестве основного режима испытаний принимается торможение с использованием крана машиниста груженого поезда при движении со средней скоростью 20 км/ч от верхней точки трассы до нижней на наиболее протяженном участке перегона. Количество опытов – 3. В ходе опытов регулярно проверяются контрольные риски на наличие сдвига бандажей на всех осях локомотива. Зарегистрированный в летних опытах тепловой режим (С°) бандажей считается допустимым, если наблюдения за контрольными рисками не выявили сдвиг (поворот) бандажей. В случае поворота бандажа фиксируется его толщина, прокат, температура нагрева, режим торможения и проверяется по технологической карте в локомотивном депо натяг, с которым производилась посадка бандажа. Для проверки износостойкости колодок и бандажей при установке колодок измеряется их толщина в двух заранее помеченных местах. В процессе опытной эксплуатации при каждом профилактическом осмотре опытных локомотивов производятся замеры толщины всех колодок и бандажей всех колес. Проверка работоспособности типовой рычажной передачи производится после окончания испытаний на тормозную эффективность и тепловой режим, а также периодически в течение проверки тормозных колодок и бандажей на износостойкость. Типовая тормозная передача локомотива считается работоспособной при использовании экспериментальных колодок, если после проведенных опытов в летних и зимних условиях в результате комиссионного осмотра не обнаружены дефекты (деформации, поломки, повреждения) в системе тормозной рычажной передачи. Так, проведены эксплуатационные испытания локомотивных тормозных колодок в зимних условиях на карьере ОАО «Ураласбест» по методике,

согласованной с техническим руководством ОАО «Ураласбест» и Уральским управлением по экологическому, технологическому и атомному надзору. Основная задача данного этапа испытаний состояла в сравнении эксплуатационных характеристик тормозных колодок с существующими локомотивными тормозными колодками, применяемыми на магистральном железнодорожном транспорте, изготавливаемыми в соответствии с ГОСТ 30249-97 в других погодных и температурных условиях окружающей среды. Для проведения ходовых испытаний на тормозную эффективность и тепловой режим бандажей были выделены тяговый агрегат ПЭ-2М № 47 и тепловоз ТЭМ-2 № 108. В качестве полигона испытаний был предоставлен участок на перегоне станция Восточная – станция Глубокая. Средневзвешенный уклон составил 38 ‰. Тормозная рычажная передача тягового агрегата и тепловоза, участвующих в испытаниях, типовая. Выходы штоков тормозных цилиндров в процессе испытаний были отрегулированы у тягового агрегата в пределах 80 – 90 мм, у тепловоза в пределах 75 – 90 мм. Испытания на тормозную эффективность проводились на одиночно следующем тяговом агрегате и в составе поезда с груженными думпками 2ВС-105. Испытания на тепловозе проводились как на одиночно следующем, так и с прицепной массой из четырех порожних думпков. Для этого на полигоне испытаний были проведены серии остановочных торможений с применением крана машиниста № 395 и крана № 254 и на тепловозе с применением крана машиниста № 394 и № 254. Торможение осуществлялось в диапазоне скоростей 15, 20, 25, 30 и 35 км/ч до полной остановки, при этом в каждом опыте измерялись пути торможения и время тормозного процесса. Для примера в таблицах 1 – 2 приведены результаты испытаний тормозной эффективности сравниваемых колодок для остановочных торможений в режиме экстренного торможения тягового агрегата. В соответствии с программой и методикой испытаний наряду с замерами показателей эффективности торможения проводился постоянный контроль температурного режима бандажей колесных пар. Результаты, полученные в ходе испытаний, показывают, что перегрева колесных пар не происходит и температура существенно ниже, чем предусмотрено нормами эксплуатации. Для проверки износостойкости колодок обоих типов проводились их измерения до и после тормозных испытаний, измерялась толщина колодок на расстоянии 50 мм от верхних и нижних торцов.

Таблица 1

**Остановочные торможения в режиме экстренного торможения
тягового агрегата № 47 (одиночно следующего)**

V, км/ч	Время торможения, сек		Тормозной путь, м		Температура нагрева бандажей до опыта/после опыта, С°		Давление в тормозных цилиндрах (по ГОСТу /по ТУ), кг/см ²	
	Колодки по ГОСТу	Колодки по ТУ	Колодки по ГОСТу	Колодки по ТУ	Колодки по ГОСТу	Колодки по ТУ	Электровоз управления (ЭУ)	Моторные думпкеры (МД)
15	10,0	7,5	32,00	25,00	12,0/15,0	32,0/38,0	4,4/4,2	4,4/4,2
15	10,0	7,6	32,00	25,00	13,0/15,0	36,0/40,0	4,3/4,2	4,3/4,2
20	11,2	8,0	47,00	30,00	14,0/17,0	38,0/45,0	4,2/4,3	4,2/4,3
20	11,4	8,0	48,00	30,00	15,0/18,0	43,0/48,0	4,3/4,3	4,3/4,3
25	13,2	10,5	67,00	50,00	15,0/21,0	43,0/49,0	4,6/4,3	4,6/4,3
25	13,3	9,8	68,00	46,00	16,0/21,0	44,0/49,0	4,5/4,3	4,5/4,3
30	15,4	11,5	94,00	63,00	18,0/22,0	43,0/48,0	4,6/4,4	4,6/4,4
30	15,7	11,0	97,00	64,50	19,0/24,0	45,0/50,0	4,6/4,4	4,6/4,4
35	17,5	12,2	111,00	76,00	22,0/28,0	46,0/54,0	4,8/4,5	4,8/4,5
35	18,2	13,6	127,00	88,00	23,0/27,0	50,0/53,0	4,6/4,4	4,6/4,4

Таблица 2

Остановочные торможения в режиме экстренного торможения тягового агрегата № 47 (в составе груженого поезда 8 думпкаров 2ВС-105)

V, км/ч	Время торможения, сек		Тормозной путь, м		Температура нагрева бандажей до опыта/после опыта, С°		Давление в тормозных цилиндрах (по ГОСТу/по ТУ), кг/см ²		
	Колодки по ГОСТу	Колодки по ТУ	Колодки по ГОСТу	Колодки по ТУ	Колодки по ГОСТу	Колодки по ТУ	ЭУ	МД	Магистраль
15	12,2	11,0	48,00	43,00	15,0/22,0	35,0/38,0	4,2/4,1	4,2/4,1	3,6/3,0
15	12,3	11,2	48,00	43,00	16,0/22,0	37,0/39,0	4,0/4,2	4,0/4,2	3,5/3,0
20	13,2	12,8	58,00	53,00	17,0/20,0	36,0/39,0	4,1/4,2	4,1/4,2	3,5/3,3
20	13,0	13,0	55,00	54,00	17,0/21,0	35,0/39,0	4,1/4,2	4,1/4,2	3,5/3,0
25	14,2	13,8	69,00	63,00	19,0/23,0	34,0/39,0	4,2/4,2	4,2/4,2	3,7/3,4
25	14,8	13,5	74,00	63,00	19,0/26,0	35,0/40,0	4,2/4,2	4,2/4,2	3,6/3,4
30	16,2	16,0	95,00	90,00	20,0/28,0	35,0/40,0	4,2/4,2	4,2/4,2	3,6/3,6
30	16,4	15,8	95,00	88,00	21,0/28,0	34,0/40,0	4,2/4,0	4,2/4,0	4,0/3,4
35	18,2	17,5	115,00	102,00	22,0/30,0	34,0/43,0	4,2/4,2	4,2/4,2	4,2/3,6
35	19,0	16,8	121,00	99,00	25,0/34,0	33,0/48,0	4,2/4,2	4,2/4,2	4,2/3,6

Сравнительная оценка показала, что наибольшей износостойкостью обладает экспериментальная колодка по сравнению с ГОСТовской колодкой. По результатам всех этапов испытаний, износ колодок, изготовленных по ГОСТу, превышает износ экспериментальных колодок примерно на 50 %, соответственно, 2 – 2,5 мм и 1 – 1,5 мм.

При проведении серии экстренных торможений и испытаний на тормозную эффективность с использованием экспериментальных колодок наблюдалось плавное нарастание тормозного усилия во всем диапазоне скоростей. Отмечено сокращение времени торможения на 25 % и тормозного пути тяговых средств на 30 % при применении экспериментальных колодок.

По результатам летних и зимних этапов испытаний наблюдается сокращение времени торможения одиночно следующего тягового агрегата по отношению к тяговому агрегату в составе поезда на 10 – 15 %, а по тормозному пути на 15 – 20 %. Такое уменьшение показателей обусловлено тем, что экспериментальные колодки устанавливались только на тяговый агрегат, а остальной состав был оборудован композитными колодками, которые, в свою очередь, требуют еще и предварительного прогрева для улучшения тормозных свойств. Таким образом, в случае оборудования всего состава экспериментальными колодками эффективность тормозных качеств может приблизиться к показателям одиночно следующего тягового агрегата. Такой же эффект наблюдается и при испытаниях на тепловозе.

Комиссионной проверкой рычажной передачи после завершения тормозных испытаний установлено:

- рычажная передача находится в исправном состоянии (деформации и поломки отсутствуют);
- поверхности катания колесных пар не имеют повреждений (случаев сдвига бандажей не наблюдалось);
- случаи поломки колодок отсутствуют.

После проведения серии опытно-промышленных испытаний, результаты которых документально оформлены, проведена экспертиза промышленной безопасности локомотивной тормозной колодки из высокофосфористого чугуна [2]. В процессе экспертизы выявлено следующее:

1. При производстве локомотивных тормозных колодок контроль структуры и химического состава осуществляется сертифицированной лабораторией, что позволяет строго соблюдать требования технических условий.

2. Тормозные колодки обеспечивают выполнение технологического процесса торможения во всех предусмотренных паспортами локомотивов режимах, без ограничений по скорости движения, нагрузке на рабочие органы, тяговым режимам, области применения.

3. Локомотивные тормозные колодки с улучшенными эксплуатационными характеристиками из высокофосфористого чугуна соответствуют «Правилам безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» и другой нормативно-технической документации.

4. Применение тормозных колодок с улучшенными характеристиками из высокофосфористого чугуна позволяет повысить безопасность эксплуатации тяговых средств за счет снижения тормозного пути по сравнению с применением ГОСТовских колодок и уменьшения опасности возникновения пожара за счет низкого уровня искрообразования. При этом в сопоставлении с отечественными чугунными колодками из серого чугуна со вставками из белого получены следующие результаты:

– при проведении серии экстренных торможений и испытаний на тормозную эффективность с использованием колодок наблюдалось плавное нарастание тормозного усилия во всем диапазоне скоростей. Отмечено сокращение времени торможения на 25 % и тормозного пути тяговых средств на 30 %;

– срок службы высокофосфористых колодок в 2,5 – 4,0 раза превышает аналогичный показатель ГОСТовских колодок, при этом износ бандажей колесных пар сокращается в 1,5 – 2,0 раза и более;

– высокофосфористые тормозные колодки способствуют значительному снижению опасности возникновения пожаров, так как имеют исключительно низкий уровень искрообразования;

– высокофосфористые колодки повышают управляемость тормозного процесса.

На основании результатов проведенных испытаний и экспертизы промышленной безопасности Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору выдано разрешение на применение тормозной чугунной колодки для локомотивов по [2].

Литература

1. Пат. 2122042/02 Российская федерация, МПК7. Чугун для тормозных колодок / Коснарев А. С. и др. - №97110768/02; заявл. 26.06.97; опубл. 20.11.98. Бюл. № 32.

2. Колодка тормозная чугунная марки Р_{шв} для локомотивов. Технические условия ТУ 3184-001-70797974-2004 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://prom-tehno.com/rashodniki/kolodka>.

3. ГОСТ 30249-97. Колодки тормозные чугунные для локомотивов межгосударственный стандарт. Технические условия. 01.06.2005. - Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/27654>.