



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-27-37>  
УДК 629.4.017: 62–592–11–034.13](045)

Поступила 20.10.2020  
Received 20.10.2020

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОЛОДОК ТОРМОЗНЫХ ЧУГУННЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Е. С. ПОПОВ, ООО «М-ЛИТ», г. Никополь, Днепропетровская обл., Украина, ул. Электromеталлургов, 300.  
E-mail: mlit-sbut@ukr.net; espgenie@gmail.com

О. И. ШИНСКИЙ, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев, Украина, бульвар Академика Вернадского, 34/1. E-mail: alupt@ukr.net

*Проанализированы эксплуатационные показатели тормозных колодок железнодорожного подвижного состава, выполненных из различных материалов. Показаны преимущества чугунных тормозных колодок, производимых на литейных заводах. Отмечены недостатки тормозных колодок, изготовленных из композиционных материалов на основе каучука, асбеста, барита, технического углерода и других компонентов. Даны предложения по ужесточению требований к качеству тормозных колодок и направлениям совершенствования стандартов, технических условий и другой документации на эту продукцию.*

**Ключевые слова.** Литейное производство, тормозные колодки, чугун, композиционные материалы, качество, стандартизация, совершенствование.

**Для цитирования.** Попов, Е. С. Анализ показателей качества колодок тормозных чугунных и композиционных для железнодорожного подвижного состава / Е. С. Попов, О. И. Шинский // Литье и металлургия. 2021. № 1. С. 27-37. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-27-37>.

## PERFORMANCE QUALITY ANALYSIS OF BRAKE IRON AND COMPOSITE PADS FOR RAILWAY ROLLING COMPOSITION

E. S. POPOV, LLC “M-LIT”, Nikopol, Dnepropetrovsk region, Ukraine, 300, Electrometallurgists str.  
E-mail: mlit-sbut@ukr.net; espgenie@gmail.com

O. I. SHINSKY, Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, 34/1, Akademika Vernadsky Boulevard. E-mail: alupt@ukr.net

*The requirements for the quality and performance of the brake pads of railway rolling stock made of various materials are analyzed. The advantages of cast iron brake pads produced at foundries are shown. The disadvantages of brake pads made of composite materials based on rubber, asbestos, barite, carbon black and other components are noted. Ways to improve standards, specifications and other documentation for these products are proposed.*

**Keywords.** Foundry, brake pads, cast iron, composite materials, quality, standardization, improvement.

**For citation.** Popov E. S., Shinsky O. I. Performance quality analysis of brake iron and composite pads for railway rolling composition. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 1, pp. 27-37. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-27-37>.

Литейное производство является одним из традиционных способов изготовления многих деталей для железнодорожного подвижного состава, в том числе чугунных тормозных колодок [1–6]. Тормозные колодки из чугуна – наиболее надежные в эксплуатации, что подтверждено более чем сотней лет их эксплуатации. В последние десятилетия во многих странах активно ведутся работы в разных направлениях по совершенствованию конструкций тормозных колодок рельсового подвижного состава и созданию новых материалов колодок [3, 4, 7]. Ныне на железнодорожном транспорте используют тормозные колодки из так называемого «композиционного» (полимерного) материала [2, 5, 8]. Однако эталонным материалом для тормозных колодок служит чугун [2]. Требования к качеству и эксплуатационным показателям тормозных колодок повышаются из-за увеличения скорости движения поездов и соответственно усиления мер по обеспечению безопасности железнодорожного транспорта. В связи с этим возникла задача детального сопоставления показателей качества, оценки достоинств и недостатков тормозных колодок из чугуна и колодок из композиционных материалов. Такой анализ позволяет определить направления

развития производства этой продукции, допустимые и рациональные области применения различных тормозных колодок на железнодорожном транспорте.

Результаты исследования эксплуатационных характеристик тормозных колодок из чугуна и разных композиционных материалов, выполненных в промышленных условиях Белорусской железной дороги, приведены в работах [9–11]. Было установлено, что при использовании композиционных колодок длина тормозного пути электропоездов больше в среднем на ~ 14% по сравнению с длиной тормозного пути поездов, оборудованных чугунными тормозными колодками [10]. Эффективность тормозов с композиционными тормозными колодками уменьшается при скоростях ниже 70–80 км/ч. Сравнительные испытания показали, что чугунные колодки обеспечивают наиболее короткие тормозные пути при скоростях движения до 120 км/ч. В связи с этим рекомендовано ограничить применение композиционных тормозных колодок на пассажирских вагонах, движущихся со скоростью до 120 км/ч [9].

При использовании композиционных тормозных колодок резко возрастает повреждаемость колесных пар [2, 9–11]. Композиционные колодки более износостойкие, чем тормозные колодки из чугуна. Однако это преимущество нивелируется при сравнении эффективности использования колодок из чугуна и колодок из композиционного материала вследствие негативного воздействия композита на рабочую поверхность колес и, как результат, снижения безопасности движения поездов.

Заметим также, что композиционный материал обладает низкой теплопроводностью. Поэтому при аварийном торможении подвижного состава композиционные колодки и контактирующие с колодками колеса быстрее и сильнее нагреваются, чем при использовании чугунных колодок. Резкое повышение температуры может привести к перегреву бандажа колеса, сползанию бандажа с места посадки, что опасно [10]. Создаются также предпосылки возгорания поверхности контактирования тормозной колодки с колесом вследствие перегрева из-за слабого отвода тепла композиционным материалом.

Учитывая изложенное, более детально проанализируем требования стандартов, технических условий и других нормативных актов к качеству композиционных и чугунных тормозных колодок и рассмотрим рекомендации по их усовершенствованию. В проводимом анализе обратим внимание на нюансы технологии и возможности развития литейного производства тормозных колодок из чугуна.

### Требования к химическому составу тормозных колодок

Эксплуатационные показатели и безопасность тормозных колодок зависят от состава материала, из которого они изготовлены. Состав и свойства чугуна, используемого в тормозных колодках, общеизвестны.

Композиционные материалы состоят из пластичной основы (каучука или смолы), называемой матрицей и служащей связующим веществом, и наполнителей – ингредиентов в виде порошков, волокон, стружки и других форм. Конкретный состав материала, используемого для изготовления композиционных колодок, приведен, например в [2]. Состоит он из каучука СКД – 19,25%; асбеста V группы – 14,00; баритового концентрата – 15,70; шлифпыли – 19,70; выпрессовки дробленой – 15,70; углерода технического П-803 – 14,00; серы молотой – 1,5; 2-меркаптобензотиазола – 0,10; тиурама «Д» – 0,05%. Допускается замена дробленой выпрессовки на измельченный брак готовой продукции. Композиционный материал для тормозных колодок изготавливают смешением указанных ингредиентов в смесителе. После смешения массу измельчают на дробилках, засыпают в пресс-формы при температуре 175–180 °С и выдерживают при удельном давлении 200–300 кгс/см<sup>2</sup> (атмосфер).

В технических условиях и сопровождающей документации на тормозные колодки наименования и химический состав компонентов композиционного материала, из которого они изготовлены, как правило, не указаны. Поэтому потребители не могут проверять состав материала композиционных колодок, что существенно снижает уровень контроля качества таких колодок и соответственно их надежность и безопасность эксплуатации. Согласно п. 4.1 ГОСТ 2.114-95 «Единая система конструкторской документации. Технические условия», состав разделов и их содержание определяет разработчик в соответствии с особенностями продукции. Выходит, что отсутствие в тексте технических условий на тормозные композиционные колодки раздела, который регламентирует химический состав композиционного материала, будто бы не нарушает требования этого стандарта. Однако нарушения законодательства в технических условиях на тормозные композиционные колодки есть и они существенные.

Согласно ГОСТ 2.114-95, разработчик технических условий может не регламентировать процентное содержание компонентов и их химический состав в композиционном материале колодок. Но только в тех случаях, когда химический состав материала колодок уже указан, регламентирован в их чертежах. Согласно ГОСТ 2.109-73 «ЕСКД. Основные требования к чертежам», материал обозначается в чертежах

деталей в основной надписи, спецификации или в электронной структуре изделия. Это определяющее требование к технической документации является неизменным и непререкаемым на протяжении десятилетий. Однако изготовители тормозных колодок из композиционных материалов и разработчики технических условий на эти изделия игнорируют требования стандарта, а потребители колодок, прежде всего железная дорога, на это грубейшее нарушение не реагируют. Указанное недопустимое нарушение законодательства необходимо немедленно устранять.

Требования к химическому составу чугуна, из которого изготавливают тормозные колодки, жестко регламентируются абсолютно во всех стандартах. Так, в разделе 6.1.4 Межгосударственного стандарта ГОСТ 33695-2015 «Колодки тормозные чугунные для железнодорожного подвижного состава» указаны марки чугуна и его химический состав применительно к изготовлению тормозных колодок разного типа и назначения. В этом стандарте регламентированы не только нормы массовой доли химических элементов (C, Si, Mn, P, S, Ba, Ca), но и форма, размеры, дисперсность, строение, структуризация включений (графита, перлита, цементита, фосфидной эвтектики), поскольку именно химический состав, макро- и микроструктура определяют прочность, пластичность, твердость, износостойкость, другие технические и эксплуатационные показатели материала тормозных колодок. В [3] рассмотрено влияние химических элементов (марганца, фосфора, никеля, молибдена, алюминия, кремния, меди и др.) в составе чугуна на его графитизацию и теплопроводимость. В [2] показана эффективность применения частично графитизированного чугуна для изготовления тормозных колодок. Главный вывод здесь состоит в том, что химический состав материала тормозных колодок является одним из основных и важнейших показателей качества и уклоняться от его регламентирования в стандартах, технических условиях и другой документации недопустимо.

Обращает на себя внимание тот факт, что в Технических условиях на широко рекламируемые колодки тормозные композиционные с чугунными вставками, например, в ТУ У 30.2-350462740059:2016, которые зарегистрированы в Украине, и аналогичных ТУ, действующих в Российской Федерации и Беларуси, химический состав чугуна не регламентируется. Отмечается лишь, что материал вставок – чугун С4 согласно ГОСТ 1412. Таким образом, наблюдается существенное несоответствие подходов к обеспечению качества тормозных колодок из разных материалов. Технические требования к чугунным тормозным колодкам предусматривают жесткое регламентирование химического состава и микроструктуры чугуна, а особых требований к химическому составу чугуна в составе тормозных композиционных колодок фактически нет совсем. Хотя условия эксплуатации полностью чугунных колодок и чугунных вставок в композиционных колодках одинаковые. Снижение требований к чугуну во вставках в композиционном материале колодок технически никак не обосновано и нарушает общепринятый системный подход к обеспечению качества и эксплуатационных характеристик тормозных колодок из любых материалов.

В технической и патентной литературе много информации о применении разных материалов для изготовления тормозных колодок. Например, известны сотни рецептур композиционных материалов, предлагаемых для изготовления тормозных колодок железнодорожного подвижного состава. Некоторые составы композиционных материалов тормозных колодок испытаны при эксплуатации подвижного состава на железных дорогах [7, 8]. Разрабатываются тормозные колодки металлокерамические из бронзово-графитового и других, скажем так, экзотических материалов [3, 8], которые интересны с познавательной точки зрения. Результаты таких исследований заслуживают внимания.

### **Механические свойства материалов, используемых для изготовления тормозных колодок**

Во всех стандартах и технических условиях на тормозные колодки из чугуна или композита указаны **требования к твердости** материала. Согласно ГОСТ 33695–2015 «Колодки тормозные чугунные для железнодорожного подвижного состава», твердость по Бринеллю НВ тела колодок различных типов составляет минимально от 127 и максимально до 303 единиц. ГОСТ 33421-2015 «Колодки тормозные композиционные и металлокерамические для железнодорожного подвижного состава» предусматривает твердость по Бринеллю разную для различных типов подвижного состава. В частности, величиной 1,2–3,0 НВ для тормозных колодок, предназначенных для грузовых вагонов, моторвагонного подвижного состава, колодок с высоким (каким именно, не определено) коэффициентом трения для пассажирских вагонов. Значение этого показателя для колодок с низким коэффициентом трения для пассажирских вагонов составляет 2,0–8,0 НВ. Такие же нормы твердости предусмотрены и в технических условиях на тормозные колодки из различных композиционных материалов.

Результаты сравнения величин этого показателя качества чугунных и композиционных колодок очевидны и не требуют комментариев. Необходимо лишь заметить, что твердость композиционных колодок

может различаться в 4 раза (от 2,0 до 8,0 НВ). Такой недопустимый разброс важнейшего показателя свидетельствует о высокой нестабильности качества колодок из композиционных материалов в целом. Обусловлено это, прежде всего, отсутствием фиксации в стандартах веществ, составляющих композит, рецептуры его компонентов и их химического состава. Свидетельствует также о том, что композиционный материал может состоять из произвольно выбранных и неконтролируемых ингредиентов, а технология изготовления композиционного материала и непосредственно тормозных колодок из него допускает неконтролируемое варьирование параметров.

В соответствии с ГОСТ 33695-2015 (п. 6.1.10) **надежность** стальной спинки и конструкционная **прочность** колодок тормозных чугунных должны быть обеспечены при испытании на изгиб нагрузкой 127,5 или 156,8 кН в зависимости от типа колодки. Конструкционную прочность колодок проверяют в соответствии с п. 8.6 этого стандарта путем излома их под прессом, развивающем усилие не менее 300 кН (30 тс). Предел прочности чугуна на сжатие общеизвестен и поэтому в стандартах и технических условиях на чугунные колодки не указывается. Предел прочности при сжатии композиционного материала тормозных колодок должен быть не менее 15,0 МПа, т. е. прочность композиционного материала ~ в 15 раз меньше прочности чугуна.

В связи с изложенным возникает очевидный вопрос: по какой причине тормозные колодки из композиционного материала не подлежат проверке на прочность, в частности испытаниям на излом, если условия эксплуатации тормозных колодок из чугуна и композиционных материалов одинаковые. С технической точки зрения испытывать на излом следует в первую очередь тормозные колодки из композиционного материала, прочность которых существенно меньше, чем прочность чугунных колодок. Низкая прочность при сжатии композиционных материалов создает опасность разрушения колодок при торможении поездов со всеми вытекающими последствиями. Таким образом, одним из главных недостатков композиционных тормозных колодок является меньшая прочность по сравнению с чугунными, что ослабляет их надежность и повышает вероятность аварий тормозных систем.

Свойства композиционных материалов в осенне-зимний период существенно ухудшаются под воздействием дождя, снега, низкой температуры, что требует дополнительного обслуживания таких колодок, замены их на чугунные. На некоторых железных дорогах вынуждены композиционные тормозные колодки в зимний период менять на чугунные для предупреждения образования дефектов на поверхности катания колес и снижения эффективности торможения. Этот фактор является весомым аргументом в выводах о том, что композиционный материал не является универсальным заменителем чугуна в тормозных колодках.

### **Эффективность торможения поездов, оснащенных композиционными и чугунными тормозными колодками**

Тормозное усилие создается силой трения между рабочими поверхностями тормозной колодки и колеса. В соответствии с классическими положениями теории трения, в частности, согласно закону Амонтона-Кулона, сила трения прямо пропорционально зависит от силы прижатия тормозных колодок к колесу. Коэффициентом пропорциональности в рассматриваемых условиях служит коэффициент трения.

Анализ технической литературы и нормативно-технической документации (стандартов, технических условий, инструкций по эксплуатации тормозных систем подвижного состава на железных дорогах и др.) свидетельствует, что тормозные колодки из композиционных материалов не обеспечивают стабильность величины коэффициента трения с колесами при торможении подвижного состава, что отрицательно сказывается на режимах движения поездов. Например, согласно п. 1.3–1.4 ТУ У6-05495578.017-2001, коэффициент трения композита со сталью меняется в очень широких пределах: от 0,187 до 0,370 (согласно данным табл. 3, п. 1.4). При этом допускается отклонение коэффициента трения от приведенных значений на 15%, а еще хуже, что даже на участке 25 км тормозного пути коэффициент трения колодок из композиционных материалов может изменяться на 20%. Допускаемые отклонения коэффициента трения вначале на 15%, а затем еще на 20% приводят к возможности изменения значений этого показателя от 0,127 до 0,51, т. е. почти в 4 раза, что недопустимо в технических условиях на столь ответственную деталь, как тормозная колодка. Более того, данные табл. 3 противоречат норме коэффициента трения 0,34–0,65, который приведен в табл. 2, п. 1.3 этого же документа.

О нестабильности коэффициента трения во время торможения подвижного состава различных типов при использовании композиционных тормозных колодок свидетельствуют данные, приведенные в Государственном стандарте Республики Беларусь ГОСТ 33421-2015 «Колодки тормозные композиционные и металлокерамические для железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия». Так, в соответствии

с табл. 2 этого стандарта значения коэффициента трения лабораторного образца композиционного материала (заметим, неизвестного состава) тормозной колодки в паре с колесной сталью (сталь марки 2) могут изменяться, в частности, от 0,34 до 0,65 или, как для локомотивов, в диапазоне 0,30–0,60. Тот факт, что коэффициент трения при неизменной силе нажатия на натуральную колодку с увеличением скорости начала торможения от 50 до 160 км/ч уменьшается в отдельных случаях почти в 1,5 раза также свидетельствует о нестабильности величины этого показателя для композиционных тормозных колодок. Допустимые изменения на 15% коэффициента трения при попадании воды на композиционные тормозные колодки и на 20% при постоянной скорости подвижного состава на 25 км тормозного пути негативно характеризуют композиционные тормозные колодки. Обусловлено это, в том числе отсутствием жесткой регламентации рецептуры и химического состава компонентов композиционного материала таких колодок.

Заметим, что тормозные колодки из композиционного материала значительно чаще, чем чугунные, реагируют (в смысле нестабильности коэффициента трения) на изменение скорости движения, что отрицательно влияет на безопасность железнодорожного транспорта. Приведенные в указанных Технических условиях значения статического коэффициента трения колодок тормозных из композиционных материалов не совпадают также с величинами, которые указаны, например, в табл. Г.15 Межгосударственного ГОСТ 34434-2018 «Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов (технические требования и правила расчета)», которые подписала Украина. Не исключено, что отмеченная неопределенность значений коэффициента трения введена в указанные и другие аналогичные ТУ преднамеренно для затруднения контроля этого показателя.

Данные по коэффициенту трения пары композиционный материал тормозной колодки – сталь железнодорожного колеса применительно к рассматриваемым условиям должны учитывать твердость стали, так как поверхностные слои катания колес могут иметь твердость в относительно широких пределах. Твердость стали колес в исходном состоянии и твердость поверхностных слоев катания колес в процессе эксплуатации разная. Обеспечение высокого коэффициента трения не всегда является показателем высокого качества колодки. Из-за сложности в реализации оптимальных режимов торможения высокий коэффициент трения иногда способствует юзу и образованию дефектов на поверхности катания колес с нежелательными последствиями [2]. Поэтому чугун остается стандартным материалом для тормозных колодок с позиций обеспечения оптимальных величин коэффициента трения.

Приведенные выше доводы о преимуществах тормозных колодок из чугуна перед колодками из композиционных материалов подтверждают сравнительные результаты их натуральных испытаний, выполненных применительно к условиям торможения электропоездов [10, 11]. Установлено, что при высоких скоростях длина тормозного пути при использовании композиционных колодок увеличивается более чем на 30% по сравнению с протяжностью тормозного пути, обеспечиваемого чугунными тормозными колодками. Использование композиционных колодок снижает уровень безопасности в пригородном движении. Вследствие пониженной тормозной эффективности композиционных колодок машинисты при приближении к пунктам остановки начинают тормозить раньше, а затем на перегонах вынуждены повышать скорость движения, что приводит к увеличению расхода электроэнергии [10]. Отметим, что приведенные в ГОСТ 33421-2015 значения коэффициента трения с точностью до третьего знака после запятой применительно к тормозным колодкам из композиционного материала вряд ли повышают точность и достоверность результатов, поскольку не соответствуют условиям необходимости и достаточности.

### **Влияние материала тормозных колодок на образование дефектов на рабочей поверхности колес и долговечность их эксплуатации**

Вывод о том, что при сравнении эффективности применения чугунных и композиционных колодок следует учитывать их влияние на состояние поверхности колес и безопасность движения подтвержден практикой.

Тормозные колодки должны обеспечивать безопасность движения подвижного транспорта и долговечность работы колесных пар. Эти вопросы всегда рассматриваются неотъемлемо при оценке качества тормозных колодок. Композиционные колодки увеличивают износ колесных пар, приводят к образованию дефектов на поверхности качения колес подвижного состава со всеми негативными последствиями. По мере износа колес утончается их обод, изменяется профиль катания колес, на поверхности катания возникают дефекты термоусталостного происхождения и дефекты, обусловленные использованием некачественных колодок (кольцевые выработки, задиры, др.). Изменение профиля поверхности катания ухудшает самоцентрировку колесных пар и способствует повышению износа как гребня колес, так

и рельсов, особенно на участках изменения направления железнодорожного полотна. Восстанавливают профиль катания колес и устраняют дефекты на поверхности катания переточкой колесных пар, что приводит к утончению обода колес и сокращению срока их эксплуатации. Тормозные колодки воздействуют на поверхность качения колес как прямым путем, так и косвенно. Высокая сила трения между колодкой и колесом способствует юзу колесных пар (скольжению по рельсам) и появлению в связи с этим дефектов на поверхности катания колес [2, 3, 5, 8, 10].

Специалисты считают [2], что тормозные колодки в оптимальном режиме трения должны изнашивать слои усталого металла и удалять с поверхности качения колес слои металла с зародившимися микротрещинами. Композиционные колодки не выполняют этой функции, способствуют повышенному упрочнению металла, приводящему в последующем к образованию дефектов на поверхности качения колес в виде трещин и вырывов. Практика показала, что композиционные колодки, полирующие поверхность катания колес, хотя и характеризуются увеличенной долговечностью по сравнению с чугунными колодками, но нередко сокращают продолжительность эксплуатации колесных пар, что в целом приводит к отрицательному результату их применения. Наибольший недостаток композиционных колодок, отмечаемый железнодорожниками при использовании их на пассажирских вагонах, сводится к образованию ползунов, трещин и вырывов металла на поверхности качения колес и частой переточке колесных пар. Этих проблем практически нет при использовании чугунных колодок. В [2] сообщается, что, по данным ряда железных дорог, при эксплуатационных испытаниях композиционных тормозных колодок были получены отрицательные результаты. Взаимодействие с композиционными тормозными колодками приводило к повышенному износу колес.

Возникновение дефектов на поверхности катания колес подвижного состава при использовании композиционных тормозных колодок является настолько обычным явлением, что предельные значения браковочных размеров дефектов (ползунов, выбоин, выщербин, раковин, вмятин, трещин) указаны даже в ГОСТ 33421-2015. Конечно же, возникающие выщербины, раковины или вмятины глубиной до 10 мм, длиной 50 мм на колесах грузовых вагонов и 25 мм на колесах пассажирских вагонов однозначно снижают безопасность движения поездов, уменьшают продолжительность эксплуатации колес и повышают эксплуатационные затраты. В [9] приведено, что в результате перевода пассажирских вагонов собственности Белорусской железной дороги на композиционные колодки резко возросла повреждаемость колесных пар. В одном из депо Витебска количество колесных пар, выкаченных из-под вагонов вследствие возникших выщербин, наваров и ползунов, увеличилось более чем в 7 раз. Было рекомендовано ограничить применение композиционных тормозных колодок на пассажирских вагонах при скоростях движения до 120 км/ч.

### **Экологические проблемы, обусловленные применением тормозных колодок из различных материалов**

Тормозные колодки из композиционных материалов (асбестовых, безасбестовых и др.) содержат в продуктах их износа опасные для здоровья людей и окружающей среды вредные вещества, в частности асбест и др. Асбест, который составляет основу материала композиционных колодок, является канцерогенным веществом. Например, в Технических условиях ТУ У6-05495578.017-2001 и других подобных приведены допустимые значения асбесто-резиновой и силикосодержащей пыли синтетических минеральных волокон, которая выделяется при изготовлении тормозных колодок из так называемых композиционных материалов. Эта пыль выделяется не только при изготовлении, а еще в больших количествах и при эксплуатации колодок вследствие их износа в процессе торможения поездов. Пыль, содержащая продукты износа композиционных тормозных колодок, крайне опасна для здоровья людей и окружающей среды.

Тормозные колодки из композиционного материала существенно уступают чугунным по показателям вредности для людей из-за наличия канцерогенов, в частности асбеста и других вредных веществ в продуктах их износа. В материале так называемых «безасбестовых» композиционных колодок асбест будто бы заменен на другие вещества, которые, похоже, не менее вредные. Наименование, состав и свойства этих веществ в технической документации на композиционные колодки не сообщается. В технической литературе приведена информация, что в процессе эксплуатации на подвижном составе железной дороги тормозные колодки истираются в шлам. Это тысячи тонн отходов материала, из которого были изготовлены колодки. Использование на железной дороге тормозных колодок из асбестовых, безасбестовых и других, вредных для людей и окружающей среды композиционных материалов, возрастает. Как следствие, население дышит воздухом, насыщенным пылью резиново-асбестовой смеси, которая образуется при истирании в процессе эксплуатации тормозных колодок, изготовленных из композиционных материалов неизвестного химического состава.

Территории вокруг железнодорожных путей загрязняются вредными для населения отходами износа тормозных колодок из композиционных материалов, включающих опасные для здоровья людей химические элементы и соединения неизвестного и неконтролируемого химического состава.

Согласно п. 3.5 раздела 3 «Требования к охране окружающей среды, утилизация» ТУ-У-6-05495578.017-2001, изношенные тормозные колодки из композиционного материала относятся к категории отходов IV класса опасности. **Отходы должны подлежать утилизации на полигонах захоронения согласно Закону Украины «Про отходы»** в соответствии с договорами или возвращаться на предприятие, где они были изготовлены для использования в качестве вторичного сырья. По имеющейся информации этот пункт ТУ в полной мере не всегда выполняется.

В [6] отмечается, что молекулярно-механическое трение полимерных композиционных тормозных колодок по колесам сопровождается образованием ядовитого смога вокруг каждого поезда. При этом мелкодисперсные частицы резины, сажи, асбеста, барита, электрокорунда, графита, серы и других химических компонентов рабочей массы колодок отравляют окружающую природную среду, воздействуют на дыхательные пути людей и животных. После использования колодки превращаются в твердые полимерные промышленные отходы, переработка и утилизация которых пока не получила необходимого развития. В результате тысячи тонн не полностью изношенных колодок накапливаются на промышленных свалках. По мнению авторов [6], использование на железнодорожном транспорте тормозных колодок из композиционных материалов должно быть запрещено.

Отработанные тормозные колодки из композиционных материалов, как, в частности и автомобильные покрышки [12], отнесены к отходам четвертого класса опасности из-за нанесения ими колоссального вреда окружающей среде. Пыль от изношенных колодок состоит из частиц микронных размеров, взвесь которых вздымается турбулентными потоками воздуха от движущихся поездов и вдыхается людьми. Можно ожидать, что риск онкологических заболеваний людей, возникающих от воздействия композиционного материала тормозных колодок при их изготовлении и эксплуатации, такой же, а может и больший, чем от автомобильных шин, поскольку в их пыли содержатся одни и те же канцерогены – бензопирен, продукты разложения каучука, другие реакционные и токсические химические соединения [12].

#### **Сравнение экономической эффективности применения чугунных и композиционных тормозных колодок**

Композиционные колодки легче чугунных (~ 4,5 вместо ~ 14 кг). Стоимость композиционных колодок разная и зависит от состава компонентов, рецептуры и технологии приготовления композиционного материала. Рыночная цена композиционных колодок в Украине несколько ниже цены тормозных колодок из чугуна. Однако ценовая ситуация на рынке может измениться при удорожании композиционных материалов. Судя по котировкам на западных рынках, качественные композиционные колодки значительно дороже колодок из чугуна.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что тормозные колодки из различных материалов необходимо оценивать не только по величине коэффициента трения и износостойкости, а и по таким показателям, как влияние их на поверхность качения и образование ползунов, трещин, вырывов металла, требующих переточки колес. Распространяемая коммерческими структурами реклама, что благодаря низкой цене тормозных колодок из композиционных материалов их эксплуатация на транспорте более выгодна, чем колодок из чугуна, не соответствует действительности, поскольку экономическая эффективность не оценивается комплексно. Не учитывается то обстоятельство, что из-за повышенного выхода из строя колесных пар, увеличения расходов на их обслуживание и других негативных факторов при использовании колодок из композиционных материалов суммарные расходы транспортников при их применении в большинстве случаев оказываются выше, чем при использовании чугунных колодок. Анализ результатов эксплуатации композиционных полимерных колодок, изготовленных из асбестовых или безасбестовых составов с чугунными вставками или без них, свидетельствует о необходимости критического отношения к рекламе относительно эффективности и перспективности их применения. Причина в том, что экономические интересы производителей колодок и их потребителей не совпадают.

Железнодорожники при объективном подходе к выбору колодок сопоставляют расходы на приобретение тормозных колодок и расходы, связанные с переточкой колесных пар и ресурсом их эксплуатации при использовании чугунных и композиционных колодок. Сопоставление величин экономии на стоимости колодок и потерь на эксплуатации колесных пар часто оказывается не в пользу композиционных

колодок из-за негативного их влияния на образование дефектов поверхности качения колес и обусловленной этим необходимостью затрат на ремонт колес или приобретение новых.

Экономические расчеты затрат на приобретение и эксплуатацию тормозных колодок из композиционных материалов по сравнению с колодками из чугуна показывают следующее. В расчетах и оценке использованы ориентировочные цены, которые действовали в Украине в конце 2019 года.

Цена тормозной колодки типа «С» из чугуна для грузовых вагонов без НДС с доставкой составляла ~ 380 грн./шт., тормозной колодки из композиционного материала ~ 204 грн./шт., т. е. чугунная колодка стоила примерно в 1,86 раз дороже. Цена колеса для грузовых вагонов – ~28 000 грн./шт. Стоимость обточки (ремонта) колеса для удаления дефектного слоя поверхности катания колеса – ~ 718 грн./шт., ремонта колесной пары с полной ревизией буксового узла с обтачиванием колес – ~ 5810 грн./пара, капитального ремонта колесной пары с заменой отдельных деталей и обточки колес – ~ 13 661 грн./пара. Стоимость ремонта колесных пар соответствует значениям, которые имели место на одном из ремонтных предприятий, которое входит в структуру АО «Укрзалізниця».

Различие в ценах чугунных колодок, использование которых гарантирует отсутствие повреждений поверхности катания колес, и композиционных составляло всего ~ 176 грн. Эта цифра несопоставима с ценой колеса ~ 28 000 грн. Разница в цене тормозных колодок из чугуна или композиционного материала ~ в 157 раз меньше стоимости одного колеса для грузовых вагонов и, по сути, является незначительной в суммарной цене колесной пары вместе с тормозными колодками. При этом, как было отмечено выше, тормозные колодки из композиционных материалов повреждают колеса (приводят к дефектам: ползуны, трещины, вырывы металла и др.), что требует ремонта колесных пар, который предусматривает обточку колес. В частности, требуются выключение вагонов из состава, отцепление колесных пар, переточка колес и последующая установка колесных пар на вагоны. Это существенные затраты.

Расходы на ремонт (5810 или 13661 грн.) колесной пары, вызванные необходимостью обточки колес из-за появления дефектов, почти в 40–80 раз превышают «экономия» в 175 грн. на закупку композиционных колодок вместо чугунных. Получается, что экономия в 175 грн., якобы достигаемая при покупке композиционных колодок (которые повреждают колеса) вместо чугунных (которые колеса не повреждают), в целом приводит к убыткам – железнодорожников. При этом тормозные колодки из композиционных материалов требуют еще и дополнительных затрат на обслуживание: замену на чугунные в осенне-зимний период.

Приведенные цены на товары и услуги могут быть уточнены применительно к рассматриваемому периоду, но соотношение цен тормозных колодок и стоимости ремонта колесных пар из-за повреждений и дефектов, появляющихся на поверхности катания колес при применении колодок из композиционного материала, принципиально не изменится. Главный вывод состоит в том, что экономический эффект от применения тормозных колодок следует оценивать не обособленно, ориентируясь на цену покупки колодок, а совместно с затратами на эксплуатацию колесных пар при использовании рассматриваемых колодок.

### **Недостатки стандартов и технических условий на тормозные колодки и предложения по их усовершенствованию**

В дополнение к сказанному выше еще раз подчеркнем, что основные документы, определяющие технические требования к тормозным колодкам из композиционных материалов (асбестовых, безасбестовых и других), а именно стандарты и технические условия, не регламентируют процентное содержание входящих в эти материалы веществ и их химический состав. В результате железнодорожный подвижной состав оснащается тормозными колодками из композиционных материалов без всякого контроля процентного содержания входящих в него ингредиентов, веществ и их химических характеристик. Потребители таких колодок (железнодорожники, собственники вагонов) лишены возможности проверять состав и качество композиционного материала. Это недопустимо с позиций гарантирования качества композиционных колодок и безопасности эксплуатации подвижного состава. Согласно ГОСТ 2.109-73 «ЕСКД. Основные требования к чертежам», материал любого оборудования, соответственно и тормозных колодок, должен быть указан на чертежах деталей тормозных систем в основной надписи, в спецификации изделия (колодок). Но нигде, ни в одном документе, ни в одном чертеже тормозных колодок из композиционного материала не указаны компоненты (ингредиенты, вещества), входящие в композиционный материал, их количество, химический состав. В технических условиях и стандартах на композиционные колодки нет гарантий изготовителя на то, что эксплуатация их не приведет к образованию на

поверхности катания колес дефектов (кольцевых выработок и др.). Поскольку **состав композиции не регламентирован, то изготовитель может его произвольно изменять.**

В Украине Технические условия ТУ У-6-05495578.017-2001 и другие на композиционные тормозные колодки разработаны и принадлежат их изготовителю ТОВ «Трибо». При этом ТОВ «Трибо» утверждает, что состав материала композиционных колодок является предметом их изобретения и поэтому не указан в Технических условиях и стандартах. Такое объяснение отсутствия в нормативных документах регламентирования состава веществ и процентного содержания каждого компонента в композиционном материале тормозных колодок является безосновательным. Если изготовители колодок считают, что используемые в композиционных колодках материалы обладают новизной, то его авторы могут запатентовать этот материал и далее без каких-либо опасений относительно утраты авторских прав указывать состав композиционного материала в стандартах, технических условиях и другой документации. Однако за несколько десятков лет с момента создания технических условий на композиционные колодки в их текст не внесен состав композиционного материала, как это должно быть и имеет место в стандартах на тормозные колодки из чугуна, где детально регламентирован не только химический состав чугуна, но и параметры его микроструктуры, чтобы потребитель тормозных колодок мог контролировать их соответствие требованиям стандарта.

Колодки тормозные композиционные не предусматривают контроля прочности и надежности тормозных колодок из композиционного материала путем излома колодки под прессом. Причина такого отклонения от общепринятых требований к надежности и безопасности тормозных колодок состоит, по-видимому, в нежелании изготовителей и поставщиков таких колодок, чтобы потребители композиционных колодок проверяли их качество путем испытания на излом, и неуверенности в том, что композиционные колодки обладают требуемыми прочностью и надежностью.

В [2], подготовленной по материалам исследований, выполненных в Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины, показано, что усовершенствование нормативной документации, включая стандарты и технические условия, является значительным резервом повышения качества тормозных колодок, экономической эффективности их использования, безопасности движения железнодорожного транспорта. Технические условия на композиционные тормозные колодки необходимо существенно изменить, заложив в них требования к таким показателям, которые заказчик (потребитель) может определить и проконтролировать их соответствие декларируемым. В первую очередь это относится к процентному составу и соотношению веществ, из которых композиционный материал состоит, а также к его влиянию на поверхность катания колес. Целесообразно в стандарты и технические условия на тормозные колодки внести изменения, которые должны содержать однозначно определенные значения коэффициента трения тормозных колодок по колесной стали и показатели износа как колодок, так и колес при их использовании.

### **Возможности литейных производств обеспечить потребность железных дорог в качественных чугунных колодках**

Потенциал литейных предприятий Республики Беларусь и Украины, несмотря на недостаточную эффективность структуры литейного производства [1], позволяет удовлетворить потребность железных дорог своих и соседних государств в тормозных колодках различных типов из чугуна. Украина импортирует значительное количество чугунных тормозных колодок из Республики Беларусь, но при этом обновляет собственное литейное производство. Так, в конце 2018 г. в г. Никополе Днепропетровской области на заводе трубопроводной арматуры ТОВ «М-ЛИТ» введен в эксплуатацию новый комплекс оборудования для производства литья из серого и высокопрочного чугуна. Этот комплекс представляет первую очередь масштабной реконструкции завода. Производственная мощность его составляет до 800 т литья в месяц, из которых 200 т отливок уходит на собственное потребление. После второго этапа реконструкции общая производственная мощность составит до 1500 т литья в месяц.

Цех чугунного литья на заводе, в котором изготавливают тормозные чугунные колодки (см. рисунок), оснащен современным оборудованием. Плавильные мощности представляет трехтонная индукционная печь «Inductotherm» (Англия, 2017 г.). Вторая очередь завода предусматривает приобретение еще и шеститонной печи. В состав оборудования входят спектральная лаборатория ARL03460, ThermoFisherScientific (Швейцария, 2017 г.); автоматическая формовочная линия «DISA MATCH 32×32» (Дания, 2007 г.) с размером кома 813×813×650 мм и производительностью до 100 форм в час; автоматический смесезготовительный комплекс «Eirich» (Германия, 2017 г.); стержневые машины «Leamre» (Германия, 2016 г.),

способ изготовления Cold-box-процесс; участок крупной формовки OmegaFoundryMachinery (Англия, 2016 г.); очистные дробеметные камеры и галтовочные барабаны; печь для термической обработки литья; оборудование для изготовления модельно-стержневой оснастки HAAS (США, 2017 г.).



Образцы чугуновых тормозных колодок типов «М» и «Ф» производства ТОВ «М-ЛИТ» (Никопольский завод трубопроводной арматуры)

Возможности производства: изготовление литья сложной конфигурации из чугуна разных марок (СЧ200-350, ВЧ40-50); изготовление литья массой до 120 кг на автоматической формовочной линии (АФЛ), на участке крупной формовки до 3000 кг; изготовление литья с максимальными габаритами 650×650×350 мм на АФЛ, на участке ручной формовки 2000×1300×800 мм; изготовление стержней для литейного производства; дробеструйная обработка литья; покраска отлитых изделий.

Введение в эксплуатацию этого современного литейного производства свидетельствует о развитии промышленной сферы, в том числе для обеспечения железнодорожного транспорта качественными (эталонными) чугуновыми тормозными колодками.

### Выводы

Производимые на литейных заводах тормозные колодки из чугуна для подвижного состава железных дорог являются эталонными изделиями соответствующего назначения. Тормозные колодки из ныне применяемого композиционного материала существенно уступают тормозным колодкам из чугуна по прочности, способности отвода тепла при торможении, надежности, требуют замены в осенне-зимний период, негативно влияют на стойкость и работоспособность колесных пар из-за образования дефектов на поверхности колес, приводящих к необходимости их ремонта, демонтажа и перетачивания.

Экономическая эффективность применения каких-либо тормозных колодок определяется суммой затрат на их покупку и затрат на эксплуатацию колесных пар, работающих в комплекте с колодками. Из-за увеличения затрат на эксплуатацию колес и уменьшения срока их службы при использовании тормозных колодок из композиционного материала по сравнению с чугуновыми колодками суммарные затраты железной дороги нередко возрастают при применении композиционных колодок.

Стандарты и технические условия на колодки тормозные композиционные не соответствуют в полной мере требованиям качества, безопасности движения, экологическим нормам из-за отсутствия в этих нормативных документах регламентирования состава компонентов, из которых состоит так называемый «композиционный» материал, процентного содержания в нем различных компонентов и их химического состава. Необходимо внести в стандарты и технические условия изменения, предусматривающие конкретные требования к составу и процентному содержанию компонентов, входящих в композиционный материал, из которого изготавливаются тормозные колодки, а также величины коэффициента трения и требования, предусматривающие проверку на прочность и надежность композиционных колодок путем излома колодки под прессом подобно тому, как испытывают чугуновые тормозные колодки.

До внесения в стандарты и технические условия требований, регламентирующих состав композиционных материалов и другие условия, необходимо ограничить использование композиционных тормозных колодок на железнодорожном транспорте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь П. А., Толстой А. В., Садох М. А. Анализ состояния литейных производств Республики Беларусь // Литье и металлургия. 2019. № 3. С. 35–40.
2. Неижко И. Г., Найдек В. Л., Гаврилюк В. П. Тормозные колодки железнодорожного транспорта. Киев, 2019. 121 с.
3. Ямшинский М. М., Назаренко В. С., Кравченко К. О. Аналіз гальмівних колодок та шляхи оцінки їх перспективних конструкцій // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2015. № 1(218). С. 204–209.
4. Тартаковский, Э. Д. Использование тормозных колодок новой конструкции на железных дорогах Украины / Э. Д. Тартаковский, Е. Н. Фалендыш, Е. Н. Шапран, Л. И. Залеский, А. Л. Сумцов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2014. Вип. 145. С. 100–103.
5. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винстрот Бернд Уве, Муковоз С. П. Испытания перспективных тормозных колодок на железных дорогах Украины // Реалії та перспективи. 2015. № 07–08. С. 20–22.
6. Мартинов І. Е., Негволода К. С. Аналіз чинників, що впливають на ефективність використання автоматичних гальм вантажних вагонів // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2013. Вип. 139. С. 230–235.
7. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винокурова С. В. Пути развития, тенденции и перспективы дальнейшего совершенствования тормозной колодки рельсового подвижного состава // Вагонный парк. 2015. № 5–6 (98–99). С. 32–34.
8. Бабаев А. М., Мурадян Л. А., Винокурова С. В. О тормозных колодках дорог Украины // Вагоны и вагонное хозяйство. 2010. № 4. С. 43–44.
9. Галай Э. И., Рудов П. К. Эффективность торможения пассажирских поездов – фактическая и по нормативам // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2006. Вип. 11. С. 116–119.
10. Галай Э. И., Рудов П. К., Галай И. Э., Сидорович О. А. Тормозные колодки для электропоездов: чугунные или композиционные. Режим доступа: <http://scbist.com/xx2/43779-06-2005-tormoznye-kolodki-dlya-elektropoezdov-chugunnye-ili-kompozicionnye.html>
11. Галай Э. И., Куровский М. В. Рудов П. К., Галай И. Э., Сидорович О. А. Эффективный тормоз для электропоездов // [04–2005] СЦБИСТ // Режим доступа: <http://scbist.com/xx2/43725-04-2005-effektivnyi-tormoz-dlya-elektropoezdov.html> // С. 1/11–11/11.
12. Чистяков А. В. Резиновый лебедь // Ежедневник «2000», 31.VII. 2020. № 25.

## REFERENCES

1. Vytiaz P. A., Tolstoi A. V., Sadokha M. A. Analiz sostoiannya lyteinykh proyzvodstv Respublyky Belarus [Analysis of the state of the foundries of the Republic of Belarus]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 3, pp. 35–40.
2. Neyzhko Y. H., Naidek V. L., Havryliuk V. P. *Tormoznye kolodky zheleznodorozhnoho transporta* [Railway brake pads]. Kyev, 2019, 121 p.
3. Yamshynskiy M. M., Nazarenko V. S., Kravchenko K. O. Analiz halmivnykh kolodok ta shliakhy otsinkyk ikh perspektivnykh konstruktssii [Analysis of brake pads and ways to evaluate their promising designs]. *Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia = Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 2015, no. 1(218), pp. 204–209.
4. Tartakovskij E. D., Falendysh E. N., Shapran E. N., Zaleskij L. I., Sumcov A. L. Ispol'zovanie tormoznykh kolodok novoj konstrukcii na zheleznykh dorogah Ukrainy. *Zbirnyk naukovih prac UkrDAZT = Collection of scientific works UkrDAZT*, 2014, vyp. 145, pp. 100–103.
5. Muradyan L. A., Shaposhnik V. Yu., Vinstrot Bernd Uve, Mukovoz S. P. Ispytaniya perspektivnykh tormoznykh kolodok na zheleznykh dorogah Ukrainy [Tests of promising brake pads on the railways of Ukraine]. *Realii ta perspektivy = Realities and prospects*, 2015, no. 07–08, pp. 20–22.
6. Martynov I. E., Nehvoloda K. S. Analiz chynnykiv, sheho vplyvaiut na efektyvnist vykorystannia avtomatychnykh halm vantazhnykh vahoniv [Analysis of the factors influencing efficiency of use of automatic brakes of freight cars]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT = Collection of scientific works of UkrDAZT*, 2013, vyp. 139, pp. 230–235.
7. Muradyan L. A., Shaposhnik V. Yu., Vinokurova S. V. Puti razvitiya, tendencii i perspektivy dal'nejshego sovershenstvovaniya tormoznoj kolodki rel'sovogo podvizhnogo sostava [Ways of development, tendencies and prospects for further improvement of the brake shoe of railway rolling stock]. *Vagonnyj park = Wagon fleet*, 2015, no. 5–6 (98–99), pp. 32–34.
8. Babaev A. M., Muradyan L. A., Vinokurova S. V. O tormoznykh kolodkah dorog Ukrainy [About brake pads of roads of Ukraine]. *Vagony i vagonnoe hozyajstvo = Wagons and wagon facilities*, 2010, no. 4, pp. 43–44.
9. Galaj E. I., Rudov P. K. Effektivnost' tormozheniya passazhirskih poezdov – fakticheskaya i po normativam [The efficiency of braking of passenger trains – actual and according to standards]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana = Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 2006, vyp. 11, pp. 116–119.
10. Galaj E. I., Rudov P. K., Galaj I. E., Sidorovich O. A. *Tormoznye kolodki dlya elektropoezdov: chugunnye ili kompozicionnye* [Brake pads for electric trains: cast iron or composite].
11. Galaj E. I., Kurovskij M. V. Rudov P. K., Galaj I. E., Sidorovich O. A. *Effektivnyj tormoz dlya elektropoezdov* [Effective brake for electric trains]. <http://scbist.com/xx2/43725-04-2005-effektivnyi-tormoz-dlya-elektropoezdov.html>.
12. Chistyakov A. V. *Rezinovyj lebed'* [Rubber Swan]. *Ezhenedel'nik "2000"* – 31.VII, 2020, no. 25.