

В общем виде расходы на передвижение рассматриваемого вагонопотока по каждому  $i$ -му параллельному железнодорожному направлению

$$E_i = n_{pq} \left( \sum_{i=1}^{k_y} E_{yчi} + \sum_{i=1}^s E_{cti} \right) + \sum_{i=1}^{k_o} E_{оди} , \quad (3)$$

где  $n_{pq}$  – величина рассматриваемого вагонопотока, ваг./сут;  $\sum_{i=1}^{k_y} E_{yчi}$  – сумма эксплуатационных

расходов, зависящих от размеров движения, на передвижение вагона по всем  $k_y$ -м участкам рассматриваемого направления, руб./ваг.;  $\sum_{i=1}^s E_{cti}$  – расходы на попутных  $s$ -х технических станциях,

руб./ваг.;  $\sum_{i=1}^{k_o} E_{оди}$  – расходы, связанные с одиночным следованием поездных локомотивов по участкам  $k_o$ , где изменяются размеры грузового движения, руб./сут.

Дополнительно учитываются затраты по начальным и конечным станциям сравниваемых направлений, так как различные маршруты предполагают отличие в установленных нормах массы и длины поездов.

В данной работе обозначены только основные эксплуатационные проблемы. Очевидно, что задача выбора оператором подвижного состава рационального маршрута следования вагонопотоков является гораздо более сложной и для ее решения необходима разработка как отдельных новых методов и методик расчетов, так и новых информационно-управляющих систем, в том числе с использованием технологий искусственного интеллекта.

#### Список литературы

- 1 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге: утв. приказом первого заместителя Начальника Бел. ж. д. 30.12.2013 № 772 НЗ. – Минск, 2014. – 324 с.
- 2 Сладкевич, А. Н. Совершенствование поездных сервисов на трансъевразийских маршрутах на основе инновационных решений в области организации перевозочного процесса // Тихомировские чтения: Технологические модели и развитие систем принятия решений в перевозочном процессе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, Гомель, 24–25 окт. 2024 г. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. А. А. Ерофеева, 2025. – С. 12–17.

УДК 656.2

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГОРОЧНЫХ ТОРМОЗНЫХ БАШМАКОВ. АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*В. М. ФЕДИН, К. А. ЧЕРНЫШЕВ, А. Ю. СИДОРОВ*  
*Институт управления и цифровых технологий*  
*Российского университета транспорта (МИИТ), г. Москва*

В 1857 году в Германии впервые создан ручной тормозной башмак, который первоначально использовался только для остановки и закрепления транспортных средств на стоянках [1]. Данное устройство отличалось компактностью, универсальностью, эффективностью, что позволило впоследствии получить широчайшее распространение на всех железных дорогах мира. При использовании тормозной башмак укладывали на рельс перед движущимися вагонами. В результате наезда колесной пары на тормозной башмак, оказывалось значительное тормозное воздействие. Применение такого типа устройств на немеханизированных сортировочных горках позволяло осуществлять регулирование скорости движения отцепов, а в подгорочных парках они использовались и для закрепления вагонов. Тормозной эффект основан на замене трения качения вагона трением скольжения башмака по рельсу и второго колеса заторможенной колесной пары по другому рельсу [2]. Од-

ним из таких башмаков, который позднее стал применяться и в России, был немецкий башмак системы Бюссинга (одно- и двубортный). Хорошо зарекомендовали себя также башмаки системы Ширенко.

С 1900 года башмаки стали широко применять для регулирования скорости движения отцепов на сортировочных горках после изобретения башмакосбрасывателя [1]. Это позволило регулировать скорость скатывающихся отцепов башмаками без полной остановки, а также существенно повысило надежность регулирования скорости движения вагонов. В 1969 г. производство нескольких видов башмаков и разделение их на горочные и стояночные было прекращено. Новый башмак 1969 г. проектировался как горочный, но стал использоваться также и как стояночный, для закрепления составов на стоянках. В данном башмаке изменилась конструкция колодки, колодка стала отливаться как единое целое с накладкой. Отверстия в полозе выполнялись при штамповке. Материал полоза был изменен со стали Ст3 на Ст4пс или Ст4сп, материал колодки со стали 15Л1 на сталь 40Л1 или 45Л1 [3]. В настоящее время наиболее распространенной является сборная металлическая конструкция башмака, состоящая из полоза толщиной 6–8 мм и колодки высотой 120–125 мм, соединенной с полозом двумя заклепками [2].

К началу 2010-х годов эксплуатируемые в России модели башмаков имели ряд существенных недостатков, приводящих к их частому выходу из строя: разгиб бортов, отрыв носка, коробление полоза. Это обуславливало высокие эксплуатационные расходы и снижало общую безопасность сортировочного процесса. В наши дни тормозной горочный башмак применяется на железнодорожных путях в России для регулирования скорости отцепов и закрепления подвижного состава на станционных путях [4]. В современной практике применяются два основных типа тормозных башмаков, что закреплено в соответствующей технической документации ОАО «РЖД»: башмаки для закрепления вагонов (ручные) и башмаки для регулирования скорости (механизированные и автоматические) [5].

Ручной тип используется для предотвращения самопроизвольного ухода вагонов и составов на станционных путях, депо и пунктах технического обслуживания, а также используются на немеханизированных сортировочных горках. Так как значительное количество сортировочных горок на сети дорог России, особенно на промышленных предприятиях и станциях регионального значения, являются немеханизированными или частично механизированными, здесь применение горочных башмаков имеет свою специфику и является основным, а зачастую и единственным средством торможения отцепов. На таких горках весь процесс торможения осуществляется вручную. Работники (регулирующие скорости) располагаются на определенных точках спуска – в зонах расчетного торможения. Их задача – своевременно набросить башмак на колесную пару движущегося отцепа, ориентируясь на его массу и скорость. После прохода отцепа башмак снимается и используется повторно. Ключевыми проблемами эксплуатации в этих условиях являются: высокие физические нагрузки и травмоопасность: процесс требует от работника высокой квалификации, внимания и физической силы.

Именно для условий немеханизированных горок разработка ОАО «ВНИИЖТ» 2015 года имела особое значение, так как повышенная прочность и износостойкость новых конструкций напрямую влияли на безопасность труда и снижение эксплуатационных расходов. Как отмечают исследователи, было несколько ключевых направлений доработки конструкции [5]. Усиление наиболее нагруженных элементов (носка и бортов) за счет оптимизации геометрии и применения более рациональных схем распределения металла, а также совершенствование технологии изготовления, в частности, методов термической обработки, для повышения износостойкости и ударной вязкости материала.

Проведенные на экспериментальной базе ВНИИЖТ испытания подтвердили эффективность принятых решений. Модернизированные образцы показали значительное снижение количества критических дефектов. Так, было установлено, что изменения в конструкции позволили сократить количество таких дефектов, как разгиб бортов, отрыв носка, коробление полоза, и увеличить срок службы башмаков в 1,3–1,5 раза по сравнению с серийными образцами предыдущего поколения [5]. Внедрение башмаков повышенной работоспособности позволяет не только снизить прямые затраты на приобретение запасных частей, но и минимизировать риски схода подвижного состава из-за разрушения тормозного устройства, тем самым повышая уровень безопасности сортировочных работ [6].

Несмотря на регистрацию первого патента на тормозной башмак еще в 1857 г. [1], разработка его идеальной и надежной конструкции остается актуальной. Проведенные в РУТ (МИИТ) работы

по модернизации тормозного башмака, включающие оптимизацию химического состава стали и новую технологию закалки, подтвердили свою высокую эффективность в ходе промышленных испытаний [6]. Основным результатом стало трехкратное превышение работоспособности опытного образца (239048,6 против 78196,1 т), что обеспечивает снижение сходов подвижного состава, кратное увеличение срока службы и устранение эффекта «схватывания» с рельсом. Указанное достижение задало новые стандарты надежности, сохраняющие актуальность для ОАО «РЖД» и по сей день.

#### Список литературы

- 1 Железнодорожные тормозные горочные башмаки: история и перспективы / С. А. Сапожников, Д. П. Марков, Ж. Г. Воробьева [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. – 2014. – № 5. – С. 38–43.
- 2 Антонов, А. Н. Устройство и оборудование сортировочных горок : учеб. пособие / А. Н. Антонов, В. А. Лукьянов. – Магнитогорск, 2016. – 50 с.
- 3 Марка стали для тормозных башмаков. – URL: <https://obuv.comp-lenta.ru/marka-stali-dlya-tormoznykh-bashmakov/> (дата обращения: 09.09.2025).
- 4 Технические средства обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. – URL: <https://fgosonline.ru/wp-content/uploads/2025/01/konspekt-lekcij-nesvetova-tipografiya.pdf> (дата обращения: 09.09.2025).
- 5 Расширенные эксплуатационные испытания железнодорожных тормозных горочных башмаков новой конструкции / М. В. Забавина, Д. П. Марков, С. А. Сапожников [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. – 2015. – № 5. – С. 33–38.
- 6 Повышение экономической эффективности сортировочной работы на сортировочных горках с немеханизированной парковой позицией / В. М. Федин, К. А. Чернышев, С. П. Вакуленко, О. И. Коровкина // Экономика железных дорог. – 2023. – С. 45–52.

УДК 625.8

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В МИРНОЕ И ВОЕННОЕ ВРЕМЯ

*А. И. ФЁДОРОВ, Ю. А. НИКОНЧУК*

*Военная академия Республики Беларусь, г. Минск*

Транспортная инфраструктура является «кровеносной системой» современного государства, основой его экономической стабильности, социального благополучия и обороноспособности. Она включает в себя комплекс объектов и систем: автомобильные и железные дороги, мосты, туннели, аэропорты, морские и речные порты, железнодорожные вокзалы, станции метрополитена, логистические центры и системы управления движением.

Значение обеспечения безопасности транспортной инфраструктуры сегодня невозможно переоценить. В условиях роста глобализации, урбанизации и увеличения интенсивности транспортных потоков эта инфраструктура становится высокоуязвимой для различных видов угроз.

К ним относятся:

- техногенные аварии (износ фондов, человеческий фактор, технологические сбои);
- природные катастрофы (наводнения, землетрясения, оползни);
- умышленные противоправные действия (террористические акты, вандализм, кибератаки на системы управления).

Любой сбой, повреждение или разрушение ключевого транспортного узла способны парализовать работу целых регионов, нанести колоссальный экономический ущерб, привести к массовой гибели людей и спровоцировать серьезные социально-политические последствия. Поэтому вопросы защиты, устойчивости и живучести транспортной системы выходят на первый план в национальных стратегиях безопасности большинства стран мира.

Рассмотрим один из объектов транспортной инфраструктуры – мосты. Мосты, как железнодорожные, так и автомобильные являются критически важными объектами транспортной инфраструктуры в любой стране. Их состояние и функционирование весьма важно для экономики и логистики государства. В условиях любых конфликтов обеспечение безопасности и сохранности такой инфраструктуры является одной из ключевых задач для соответствующих государственных служб. К сожалению, в настоящее время мосты через небольшие реки не имеют практически никакой охраны и средств защиты.