

УДК 656.223.2:629.4.077-592

Э. И. ГАЛАЙ, канд. техн. наук, зав. кафедрой "Вагоны и вагонное хозяйство" Белорусского государственного университета транспорта, г. Гомель

КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ТОРМОЗАМИ, СПРОЕКТИРОВАННЫМИ ПО НОРМАМ UIC (МСЖД)

Рассматриваются вопросы эксплуатации грузовых вагонов западноевропейского типа на железных дорогах Беларуси, в том числе проблема совместимости тормозных систем Эрликон, Кнорр и др. с тормозами, эксплуатируемыми на Белорусской ж. д. Приведены возможные варианты решения указанной проблемы.

Развитие сотрудничества между железными дорогами Республики Беларусь и Западной Европы. После провозглашения независимости Республики Беларусь активнее развиваются ее экономические связи со странами Западной Европы. Одним из проявлений этого стало вступление Белорусской ж. д. в Международный союз железных дорог (МСЖД), укрепление прямых контактов с железными дорогами Германии, Франции, Польши и других стран. Беларусь несомненно должна использовать свое выгодное стратегическое положение в качестве связующего звена между транспортными коммуникациями Западной Европы и России.

Поэтому, несмотря на определенные политические и экономические проблемы, в перспективе следует ожидать более широкого использования на Белорусской ж. д. подвижного состава, спроектированного и построенного с учетом требований МСЖД.

Кроме политических и экономических аспектов проблема сотрудничества в области железнодорожного транспорта имеет и техническую сторону. Из всего комплекса технических вопросов, возникающих при попытке эксплуатации на Белорусской ж. д. западноевропейских грузовых вагонов, в данной статье мы рассмотрим только один – об адаптируемости тормозных систем к условиям сцепления колес с рельсами. Он вытекает из факта, что тормоза западноевропейских грузовых вагонов значительно мощнее, чем тормоза вагонов, эксплуатируемых в настоящее время на дорогах бывшего СССР.

Ограничение тормозной силы по условиям сцепления колес с рельсами. При расчетах и проектировании тормозов одним из критериев оптимальности является длина тормозного пути с ограничениями тормозной силы по условию безюзового торможения и тепловому режиму в зоне трения фрикционного узла "колодка – колесо". Условие безюзового торможения заключается в том, что тормозная сила не должна превышать си-

лу сцепления колес с рельсами. Для колодочного тормоза это условие можно записать в формализованном виде:

$$nK\varphi_k = \varphi_k g_0 k_c, \quad (1)$$

где n – число тормозных колодок, действующих на колесной паре; K – действительная сила нажатия одной колодки, кН; φ_k – коэффициент трения колодки по колесу; φ_k – коэффициент сцепления колеса и рельса; g_0 – осевая нагрузка, кН; k_c – коэффициент использования запаса по сцеплению, учитывающий динамическую разгрузку колесных пар при торможении и случайные изменения коэффициента сцепления.

Коэффициент сцепления и сила нажатия тормозных колодок. Из уравнения (1) получаем выражение для расчета наибольшей допустимой величины силы нажатия тормозной колодки

$$K_{\max} = \varphi_k g_0 k_c / (n\varphi_k). \quad (2)$$

Известно, что коэффициент сцепления в реальных условиях эксплуатации подвижного состава железных дорог является случайной величиной и зависит от ряда субъективных факторов (погодные условия, состояние поверхностей рельсов и колеса и др.). Установлена также функциональная зависимость φ_k от скорости движения v и нагрузки от колеса на рельс g_0 [1]. Величина коэффициента сцепления φ_k имеет решающее значение при выборе параметров тормозной системы, поэтому установлению его значений и зависимости от объективных факторов всегда уделялось большое внимание. В частности, широкие исследования φ_k проводились в СССР в 1956 – 1960 годах, главным образом на дорогах Сибири и Дальнего Востока, поскольку там условия сцепления наиболее неблагоприятные. По результатам обработки проведенных экспериментов были назначены расчетные значения коэффициента φ_k , которые используются при выборе сил нажатия тормозных колодок и проверке спроектированного тормоза на отсутствие заклинивания колес (см. таблицу).

**Расчетные значения коэффициента сцепления
для грузовых вагонов (ЦНИИ МПС)**

Тормозные колодки	Расчетная скорость, км/ч	Коэффициент сцепления ϕ_k при статической нагрузке g_0 колесной пары на рельсы, кН				
		50 – 60	100	150	200	250
Чугунные	20	0,131	0,126	0,121	0,116	0,109
Композиционные	100	0,097	0,094	0,090	0,086	0,081

Грузовые вагоны, эксплуатируемые на дорогах бывшего СССР, имеют тормоза, рассчитанные по формуле (1) с использованием указанных значений коэффициента сцепления.

За прошедшие годы (с 1960) произошли значительные изменения в техническом оснащении железных дорог. В результате внедрения электрической и тепловозной тяги и букс с подшипниками качения на грузовых и пассажирских вагонах уменьшилось загрязнение рельсов, по-видимому, улучшились и условия сцепления колес с рельсами.

Климатические условия Беларуси отличаются от условий России, особенно в сравнении с регионами Сибири и Дальнего Востока. Однако расчетные значения коэффициента сцепления практически не подвергались корректировке. Одна из причин этого заключается в том, что в бывшем СССР все грузовые вагоны, за исключением изотермических и 6-осных, оснащались тележками одного типа – ЦНИИ-ХЗ. Конструкция этих тележек допускает только одностороннее нажатие тормозных колодок на колесо. При такой схеме тормозная сила вагонов с осевой нагрузкой более 15 т/ось ограничивается не по условиям сцепления, а по тепловому режиму в узле трения "колодка – колесо" и по прочности колодок. В частности, допускаемая сила нажатия стандартной чугунной колодки, имеющей длину 380, ширину 80 мм, и содержащей 0,5 % фосфора (по характеристикам близка к колодке В_дР6), составляет около 40 кН. Большие силы нажатия недопустимы, так как возрастает интенсивность изнашивания колодки и поверхности катания бандажа.

В то же время, даже при нормативных расчетных значениях коэффициента сцепления, приведенных в таблице, для вагонов с нагрузкой 22 т/ось допускаемая сила нажатия составляет около 90 кН. Поэтому проблема сцепления не имеет существенного значения для вагонов с односторонним нажатием колодок на колеса.

Субъективные факторы, препятствующие повышению мощности тормозов грузовых вагонов. В итоге оказалось, что вагоностроители и работники вагоноремонтных предприятий препятствуют повышению мощности тормозных систем грузовых вагонов. Вагоностроители не заинтере-

сованы в создании новых конструкций тележек с двусторонним нажатием колодок на колеса для грузовых вагонов, так как для этого требуется серьезная перестройка производства и значительные инвестиции, скорая окупаемость которых выглядит сомнительной. Работники, занимающиеся ремонтом и техническим обслуживанием вагонов, предпочитают иметь дело с тележками одного типа (ЦНИИ-ХЗ), так как это облегчает обеспечение запасными частями и упрощает технологию ремонтных операций.

Таким образом, монополизм государственных организаций в выработке концепции развития конструкции тележек и тормозов в вопросах постройки и эксплуатации подвижного состава привел к тому, что эффективность тормозов грузовых вагонов, эксплуатируемых на железных дорогах бывшего СССР, значительно меньше, чем у вагонов западноевропейского типа с двусторонним нажатием колодок на колесо. К сожалению, и в условиях государственной самостоятельности Беларуси имеющиеся межправительственные соглашения между РБ и РФ сдерживают развитие и совершенствование подвижного состава Белорусской ж. д., так как любые изменения конструкции и технических параметров подвижного состава требуют обязательного согласования в малоподвижных бюрократических структурах МПС и ЦНИИ МПС РФ.

Нормативы тормозной эффективности грузовых поездов. Обеспеченность поезда тормозами по действующим на Белорусской ж. д. нормативам МПС СССР оценивается величиной расчетного тормозного коэффициента v_p . Для грузовых поездов его величина должна быть не менее 0,33. В таком случае обеспечивается остановка поезда на нормативной длине тормозного пути – $S_T = 1200$ м.

Расчетный тормозной коэффициент представляет собой отношение суммарной силы нажатия чугунных колодок в поезде к весу поезда:

$$v_p = \sum K_p / Q_n, \quad (3)$$

где $\sum K_p$ – сумма расчетных (условных) нажатий всех колодок в поезде, кН; Q_n – вес поезда, кН.

Для чугунных колодок расчетное K_p и действительное нажатие K связаны зависимостью

$$K_p = 2,22K = (1,6K + 100)/(8K + 100). \quad (4)$$

Формула (4) получена из условия равенства тормозных сил – расчетной (условной) и действительной:

$$K_p \phi_{кр} = K \phi_k.$$

Замена при тормозных расчетах действительной силы нажатия на условную (расчетную) силу нажатия K_p является искусственным приемом, позволяющим упростить расчеты тормозной силы в

разнородном поезде, составленном из вагонов с различными силами нажатия тормозных колодок.

При осевой нагрузке 21 т и односторонней схеме торможения для получения $v_p = 0,33$ необходимо обеспечить силу нажатия одной чугунной колодки $K \approx 40$ кН, то есть предельную по условию прочности колодок и тепловой нагруженности фрикционного узла.

Как известно, Нормы UIC 543 Международного Союза железных дорог, действующие на железных дорогах стран Западной и Центральной Европы, устанавливают процент тормозного веса $\lambda = 65\%$ для грузовых поездов, следующих со скоростями до 90 км/ч. Для сравнения эффективности тормозов грузового поезда, оцениваемой по Нормативам МПС СССР и Нормам МСЖД, можно воспользоваться зависимостью, устанавливающей соотношение между расчетным коэффициентом тормозного нажатия v_p и процентом тормозного веса λ [1]:

$$\lambda = 128v_p.$$

В таком случае при $v_p = 0,33$ получаем $\lambda = 42\%$, а тормозной силе при $\lambda = 65\%$ соответствует коэффициент тормозного нажатия $v_p = 0,51$, который может быть обеспечен при силе нажатия одной чугунной колодки на колесо $K = 77,5$ кН. Такое нажатие недопустимо по условию прочности колодок и вызывает нарушение стабильности коэффициента трения ϕ_k .

Композиционные тормозные колодки. В настоящее время осевая нагрузка новых вагонов на железных дорогах стран бывшего СССР составляет 23,25 т/ось. Необходимая тормозная эффективность ($v_p = 0,33$) для таких вагонов обеспечивается за счет применения композиционных тормозных колодок из композита 8-1-66, имеющего повышенный коэффициент трения (при чугунных колодках необходимо нажатие $K \approx 47$ кН).

По условиям сцепления колес с рельсами для тормоза с одной колодкой на колесо допускается сила нажатия композиционной колодки $K = 38 \dots 40$ кН. В то же время по условию тепловой нагруженности сила нажатия не должна превышать величину $K = 26$ кН.

Фактически на грузовых вагонах реализуют силу нажатия композиционных колодок $K = 15$ кН при давлении сжатого воздуха в тормозном цилиндре $p_{ц} = 0,28$ МПа на среднем режиме воздухо-распределителя, что соответствует тормозному коэффициенту $v_p = 0,33$ для вагонов с нагрузкой 22 т/ось.

При переключении воздухо-распределителя на режим "груженный" сила нажатия композиционных колодок увеличивается до 24 кН, что соответствует расчетному (условному) нажатию чугунных ко-

лодок $K = 42,5$ кН ($\eta_p = 0,365$) или проценту тормозного веса (по UIC 543) $\lambda = 47\%$. Однако в этом случае увеличивается интенсивность изнашивания поверхности катания колес из-за неблагоприятного воздействия композиционных колодок.

Примечание – Воздухораспределители Матросова № 270 и 483 имеют три грузовых режима:

– "порожний" (давление в тормозных цилиндрах $p_{ц} = 0,16 \dots 0,18$ МПа);

– "средний" ($p_{ц} = 0,26 \dots 0,28$ МПа), включается при $g_0 = 8,5 \dots 11,5$ т/ось для чугунных колодок и $g_0 = 11,5$ т/ось – для композиционных;

– "груженный" ($p_{ц} = 0,39 \dots 0,45$ МПа), включается при осевой нагрузке более 11,5 т/ось и чугунных колодках. При композиционных колодках включение режима "груженный" допускается в исключительных случаях на вагонах с повышенными осевыми нагрузками.

Причины пониженной эффективности тормозов грузовых вагонов. Проведенный анализ показывает, что эффективность тормозных систем грузовых вагонов, эксплуатируемых на Белорусской ж. д. при осевых нагрузках более 20 т/ось, в 1,5–1,8 раза ниже эффективности тормозов западноевропейских вагонов. Основные причины:

1. Меньшая величина расчетного коэффициента сцепления ϕ_k , заложенная при проектировании тормозов.

2. Применение схемы тормоза с одной тормозной колодкой на колесо.

На западноевропейских железных дорогах при торможении реализуются более высокие значения коэффициента сцепления. Это подтверждается тем, что порожние грузовые вагоны с тормозом Матросова во время испытаний на этих дорогах не имели заклиниваний даже при установке воздухо-распределителей на режим "средний" [1].

Величина расчетного тормозного коэффициента достигала значений $\eta_p = 0,9 \dots 0,93$. Это соответствует величине тормозного веса $\lambda = 116 \dots 120\%$ и реализуемому коэффициенту сцепления $\phi_k = 0,152$, что значительно превышает расчетное значение $\phi_k = 0,131$, принятое для порожних грузовых вагонов Белорусской ж. д. (см. таблицу).

По опубликованным данным [2] около 20% поездов на железных дорогах ФРГ имели тормозную эффективность $\lambda > 95\%$ ($v_p > 0,75$), что также свидетельствует о высоком уровне сцепления колес с рельсами.

Таким образом, при эксплуатации на железных дорогах Беларуси вагонов с тормозами западноевропейского типа будут превышать расчетные значения коэффициента сцепления ϕ_k при полном и экстренном торможении грузовых порожних и груженных вагонов. А это повышает угрозу заклинивания колесных пар. Поэтому необходимы исследования для уточнения расчетных значений коэффициента ϕ_k в соответствии с действительными

условиями сцепления колес с рельсами на Белорусской ж. д.

Наши предложения по проведению совместных исследований с заинтересованными фирмами и организациями в рамках Программы Европейского Сообщества были направлены в начале 1994 года. Однако ответа о поддержке или отказе от этой работы до настоящего времени нет.

Необходимо отметить также, что требует изучения проблема следования в одном составе грузовых вагонов с тормозами Матросова и тормозами Эрликон, Кнорр, Вестингауз, ДАКО. Из-за значительной разницы в мощности тормозов в смешанном поезде при торможении могут возникать сверхнормативные продольно-динамические усилия.

Варианты использования на Белорусской ж. д. грузовых вагонов с тормозами, спроектированными по Нормам МСЖД. В данной работе мы не касаемся проблемы, связанной с имеющимися различиями в конструкции белорусских и западноевропейских грузовых вагонов: ширине колеи, устройстве сцепных приборов и в схеме передачи нагрузки от кузова вагона на тележку. Проблема рассматривается в контексте соответствия тормозной эффективности условиям сцепления колес с рельсами на Белорусской ж. д., а также совместимости пневматической и механической частей обеих тормозных систем.

Как показывает длительный опыт эксплуатации на дорогах бывшего СССР пассажирских вагонов с тормозами KE_S и электровозов ЧС с тормозами ДАКО, пневматические части тормозов Матросова и западноевропейских типов достаточно хорошо совмещаются при использовании зарядного давления $0,5^{+0,1}$ МПа, то есть локомотивы Белорусской ж. д. вполне приспособлены для управления тормозами Кнорр, Эрликон и др. Поэтому оценивалась возможность эксплуатации грузовых вагонов западноевропейского типа по условию безюзового торможения.

При таком подходе можно выделить следующие варианты использования их на Белорусской ж. д.:

1. Эксплуатация отдельными составами вагонов с тележками западноевропейского типа Y-25, IXТ и другими, имеющими двухстороннее нажатие тормозных колодок на колесо и модернизированными на колею 1520 мм. Такие вагоны могут приобретаться Белорусской ж. д. при условии их большей экономической эффективности по сравнению с вагонами, построенными на заводах России и Украины.

Кроме технико-экономического обоснования требуется решение поставленной в данной работе проблемы об адаптируемости тормозных систем западноевропейских вагонов к условиям сцепления колес с рельсами на Белорусской ж. д.

2. Эксплуатация западноевропейских вагонов, переставленных на тележки ЦНИИ-ХЗ колеи 1520 мм.

Проект перестановки цистерн типа 406Р для перевозки нефтепродуктов на тележки ЦНИИ-ХЗ колеи 1520 мм разработан работниками Польских ж. д. по заданию фирмы DEC. Наибольшая масса брутто вагона – 80 т, тормоз 0-GR с воздухораспределителем ECT3f, клапаном максимального давления XGB300, переключатель грузовых режимов DU-10. Переключатель рычажной передачи XI 901 позволяет изменять передаточное число в зависимости от типа колодок (чугунные, композиционные) и типа тележек – IXТ или ЦНИИ-ХЗ.

Сочленение сферического пятника рамы цистерны с плоским кольцевым подпятником тележки ЦНИИ-ХЗ осуществляется при помощи дополнительного устройства – адаптера. Кроме того на цистерне установлены откидные боковые скользуны.

Для того чтобы осуществить подкатку под эти вагоны тележек ЦНИИ-ХЗ, потребовалась также некоторая модернизация механической части тормозной системы:

а) ввиду того, что база цистерны короче, чем у вагонов Белорусской ж. д., при подкатке тележек ЦНИИ-ХЗ применяют удлинители тормозных тяг;

б) если тележки ЦНИИ-ХЗ оборудованы чугунными колодками, то короткая затяжка горизонтальных рычагов с переключателем XI901 снимается, а вместо нее устанавливается специальная затяжка без переключателя;

в) если тележки ЦНИИ-ХЗ имеют композиционные колодки, то короткая затяжка с переключателем XI901 устанавливается на отверстия горизонтальных рычагов ближе к тормозному цилиндру.

Тормозная система цистерны на тележках ЦНИИ-ХЗ обеспечивает тормозной эффект, соответствующий $v_p = 0,6$ ($\lambda = 77\%$) для порожних цистерн и $v_p = 0,35$ ($\lambda = 45\%$) – при максимальной загрузке.

В марте 1994 г. проведены поездные испытания цистерн типа 406Р с тележками ЦНИИ-ХЗ на перегоне Свислочь – Волковыск Белорусской ж. д. Получены удовлетворительные результаты, однако дальше испытаний дело не пошло. Комиссия приняла решение о проведении дополнительных исследований и испытаний на опытном полигоне ЦНИИ МПС России.

3. Эксплуатация составов грузовых вагонов с раздвижными колесными парами.

Имеется ряд технических решений по раздвижным колесным парам. Однако и этот вариант требует оценки условий сцепления колес с рельсами.

4. Эксплуатация западноевропейских грузовых вагонов с тележками Y25, модернизированными на колею 1520 мм с пониженными тормозными нажатиями путем ограничения величины макси-

мального давления в тормозных цилиндрах или уменьшения передаточного числа тормозной рычажной передачи.

Сравнивая варианты, можно отметить, что наиболее просто могут быть реализованы второй и четвертый, причем второй должен применяться для специализированных вагонов, эксплуатирующихся в замкнутых кольцевых маршрутах.

На более отдаленную перспективу целесообразно проработать варианты с перестановкой вагонов на тележки западноевропейского типа, модернизированные на колею 1520 мм. Окончательное решение должно приниматься после соответствующих технико-экономических обоснований.

Выводы

1. Эффективность тормозов грузовых вагонов, эксплуатируемых в настоящее время на железных дорогах Беларуси, в 1,5 – 1,8 раза ниже, чем у вагонов западноевропейских ж. д.

2. Возможны следующие варианты эксплуатации вагонов с тормозами западноевропейских типов на Белорусской ж. д.:

а) перестановка вагонов на тележки Y25, IXТ, модернизированные на колею 1520 мм без изменения параметров тормоза;

Получено 22. 09. 97

б) оборудование вагонов дополнительными устройствами для работы их на тележках ЦНИИ-ХЗ;

в) эксплуатация вагонов на тележках Y25 с раздвижными колесными парами;

г) перестановка вагонов на тележки Y25, IXТ, модернизированные на колею 1520 мм с уменьшением величины тормозных нажатий.

3. Необходимо исследование условий сцепления колес с рельсами на основных направлениях Белорусской ж. д. для того, чтобы принять обоснованные решения об увеличении мощности тормозов грузовых вагонов до уровня западноевропейских.

4. Испытания цистерн типа 406Р Польских ж. д. на тележках ЦНИИ-ХЗ дали положительные результаты.

Список литературы

1. *Иноземцев В. Г.* Тормоза железнодорожного подвижного состава. М.: Транспорт, 1979. С. 23.

2. *Smaczny J., Sonder E.* Die Konzeption der Guterwagenbremse für 22,5 t Radsatzlast. ETR 37 (1988), № 1/2. P. 51 – 54.

E.I. Galay. Conception of freight UIC cars with brakes application at the Belorussian Railway.

Problems of exploitation of W-European class at freight cars at the Railways of Belarus are discussed including problem of compatibility of braking system Erlicon, Cnorr etc. with braces used at the Belorussian Railway. All ways of problem mentioned solving are given in the paper.