



О модернизации тормозной системы грузовых вагонов



Игорь МАРТЫНОВ
Igor E. MARTYNOV

Константин НЕЧВОЛОДА
Constantine S. NECHVOLODA



Мартынов Игорь Эрнстович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта (УкрГАЗТ), Харьков, Украина.

Нечволода Константин Сергеевич – инженер кафедры «Вагоны» УкрГАЗТ, Харьков, Украина.

On the Modernization of the Brake System of Freight Cars

(текст статьи на англ.яз. – English text of the article – p.31)

В статье дается теоретическое обоснование негативных свойств, связанных с неравномерным отводом тормозных колодок от колес в тормозной системе трехэлементных тележек. Анализ кинематики позволяет выявить условия, при которых возможны инновационные решения. Охарактеризованы направления модернизации типовых устройств в механизме тормозных колодок для повышения их надежности и эффективности на грузовом вагоне.

Ключевые слова: железная дорога, грузовой вагон, тормозная система, кинематика, негативные свойства, неравномерность отвода колодок, модернизация, эффективность.

Иntenсификация работ по совершенствованию ходовых частей грузовых вагонов в последние годы связана с существенными недостатками в конструкции тележек. Проводятся обширные исследования, создаются принципиально новые конструкции, модернизируются действующие системы, ведутся эксплуатационные испытания в РФ, США, Китае, Украине и других странах. При этом изменению подвергаются в основном узлы и детали, влияющие на ходовые качества вагонов, и гораздо меньше уделяется внимания очень значимой для безопасности движения поездов тормозной системе тележек.

В некоторых инновационных типах вагонных тележек (модели 18-578 РФ [1], 18-4129 Украина [2], ZK1 Китай [3] и т. д.) сделаны попытки усовершенствования тормозной системы разнообразными дополнительными устройствами. Однако при эксплуатационных испытаниях вводимая модернизация показывает чаще всего неудовлетворительные результаты и от ее внедрения вынуждены отказываться из-за недостаточной эффективности и надежности.

Главной проблемой остается невозможность достижения полного отвода тормозных колодок от колес при отпуске тормоза. Из-за этого при движении в поездах без торможения колодки наклонены, зазоры относительно колес неравномерные и зачастую отсутствуют, происходит опирание верхними кромками колодок о поверхность катания колес, что создает вреднодействующее трение по вращающимся колесам. На верхних частях поверхности трения колодок образуется местная стертость, которая не только существенно сокращает ресурс тормозных колодок, но и приводит к ухудшению эффективности торможений из-за уменьшения площади рабочего контакта и эксцентричного перераспределения силы тормозного нажатия колодок на колеса. Увеличиваются сопротивление движению и связанные с этим затраты энергоресурсов на тягу поездов, а также вероятность образования термомеханических повреждений поверхности катания колес.

Тормозная система трехэлементных тележек, которая используется в настоящее время (в том числе и для инновационных вариантов), разработана еще в 30-х годах прошлого столетия [4] таким образом, что внесение в нее конструктивных изменений влечет за собой нарушение размерных цепочек, с которыми связаны основные параметры работоспособности тормоза. Из-за этого исследователям и конструкторам до сих пор не удается найти эффективное техническое решение для повышения надежности тормозной системы тележек.

Проведенный нами анализ кинематики движения тормозной колодки, отходящей от поверхности катания колеса при отпуске тормоза, показал, что маятниковый подвес колодок обеспечивает не только их поступательное движение от колеса, но и вращательное относительно центра O (рис. 1). При этом верхняя кромка колодки совершает движение по дуге малого радиуса r_v , а нижняя — по дуге значительно большего радиуса r_n , что при отклонении маятниковой подвески на угол α предполагает отход средней части тормозной колодки от колеса на расстояние Δ_{cp} , а верхней и нижней кромок — на значительно отличающиеся расстояния Δ_v и Δ_n .

При малых величинах угла отклонения маятниковой подвески (до 3°), что имеет место в реальных условиях, величины таких

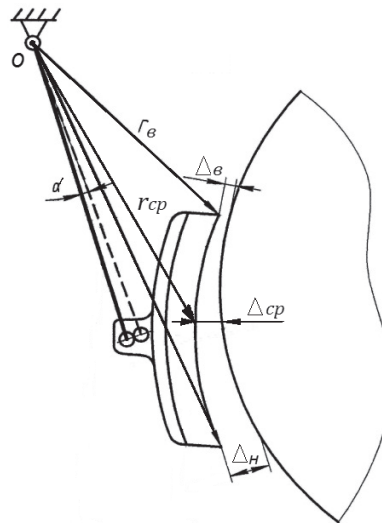


Рис. 1. Неравномерность отвода тормозной колодки от колеса на маятниковом подвесе.

зазоров могут аппроксимироваться с достаточной для практических расчетов точностью следующими аналитическими выражениями:

— для верхней кромки колодки

$$\Delta_v = \frac{\pi \cdot r_v \cdot \alpha}{180} \cdot \sin 45^\circ; \quad (1)$$

— для средней части колодки

$$\Delta_{cp} = \frac{\pi \cdot r_{cp} \cdot \alpha}{180}; \quad (2)$$

— для нижней кромки колодки

$$\Delta_n = \frac{\pi \cdot r_n \cdot \alpha}{180}, \quad (3)$$

где r_v , r_{cp} и r_n — радиусы траекторий, по которым совершается отход соответственно верхней, средней и нижней частей тормозной колодки относительно образующей поверхности катания колеса; α — угол отклонения маятниковой подвески при отпуске тормоза.

Результаты расчетов величин зазоров, на которые тормозная колодка при отпуске тормоза удаляется на маятниковом подвесе от образующей поверхности катания колеса, приведены в таблице 1.

Полученные данные свидетельствуют о том, что верхняя кромка тормозной колодки отходит от колеса на величину Δ_v значительно меньше минимально допустимой по установленным нормативам — 5 мм, в то же время нижняя кромка отходит на величину Δ_n , значительно превышающую максимально допустимую 8 мм [5]. Поэтому в процессе модернизации тормозной системы необходимо устранить такую неравно-



Расчетные величины зазоров между тормозной колодкой и колесом в зависимости от угла отклонения маятниковой подвески

Угол отклонения маятниковой подвески	Величина образовавшегося зазора, мм		
α°	Δ_v	Δ_{cp}	Δ_n
1	1,9	5,3	8,5
1,5	2,9	8,0	12,8
2	3,8	10,6	17,1
2,5	4,8	13,3	21,3
3	5,7	15,9	25,5

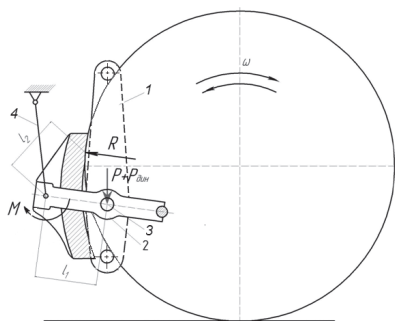


Рис. 2. Схема возникновения и действия сил в механизме отвода тормозной колодки от колеса с образованием наклона и опирания верхней кромки колодки в колесо.

мерность и обеспечить условие, когда $\Delta_v = \Delta_{cp} = \Delta_n$.

Наряду с отмеченным негативным свойством, присущим типовой тормозной системе тележек грузовых вагонов, в ней имеет место еще один конструктивный недостаток. Он, как и первый, сказывается на неравномерном отводе тормозных колодок от колес.

Для обоснования причины этого рассмотрим схему действия приводного механизма пары тормозных колодок, относящихся к одной колесной паре в тележке (рис. 2).

При отпуске тормоза действием тормозного цилиндра снимается усилие прижатия колодок к колесам. На схеме показано, что из-за существенного недостатка в конструкции приводного механизма отвод колодок от колес искажается поворотом до опирания верхними кромками тормозных колодок в колеса с образованием силы реакции R.

Анализ позволил установить, что вертикальные рычаги 1 в тележке присоединены цилиндрическими шарнирами к распорке 2 триангеля посредством отверстия 3 и своей массой нарушают уравновешенность приводного механизма относительно его соединения с нижними шарнирами маятниковых подвесок 4. Массой вертикального рычага

и присоединенных к его верхнему и нижнему шарнирам деталей (это тормозные тяги) создается момент силы

$$M_p = P \cdot l_1, \quad (4)$$

где P – гравитационная сила, образованная массой вертикального рычага и присоединенных к нему деталей; l₁ – расстояние между осями шарниров присоединения вертикального рычага к распорке триангеля и маятниковой подвески.

В результате действия момента силы M_p при отпуске тормоза происходит поворот всех деталей приводного механизма до опирания верхними кромками колодок в колеса усилием реакции R. Для его определения составим уравнение моментов сил относительно нижнего шарнира подвески 4 с учетом того, что сила P, приложенная в средней части триангеля, распределяется на обе его тормозные колодки

$$P \cdot l_1 = 2R \cdot l_2, \quad (5)$$

откуда

$$R = \frac{P \cdot l_1}{2l_2}, \quad (6)$$

где R – сила реакции опирания колодки на колесо;

l₁ – плечо действия силы P;

l₂ – плечо действия силы R.

Рассмотренные неблагоприятно воздействующие в тормозной системе тележек силы, наклоняющие тормозные колодки до опирания в поверхности катания колес, возникают от массы деталей, которые в тормозной системе соединены цилиндрическими шарнирами с относительно большими зазорами (1–10 мм). А так как они размещены в неподрессоренной части тележки, то вынужденные колебания деталей во время движения вагона способствуют возникновению перемещений ударного характера в шарнирных узлах. В результате сила R значительно увеличивается динамической составляю-

щей $R_{\text{дин}}$ жестко-ударного характера. Этим объясняется то, что применяемые и большое количество вновь разрабатываемых устройств, удерживающих тормозные колодки от наклона и опирания верхней кромкой в колеса, в эксплуатационных условиях показывают малый ресурс и, как правило, оказываются неэффективными.

Выполненные исследования позволили теоретически обосновать направления практического решения задачи, которые дали бы возможность устранить выявленные недостатки и создать принципиально новые технические предпосылки к модернизации тормозной системы для тележек грузовых вагонов (патент UA № 87764 от 10.08.2008).

Кафедра «Вагоны» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта совместно с Крюковским вагоностроительным заводом проводит расширенные эксплуатационные испытания модернизированных тормозных систем тележек модели 18-100 на одном вагоне хоппер-дозаторной вертушки в течение четырех лет (пробег более 80 тыс. км) и на десяти полувагонах на протяжении более двух лет (пробег около 200 тыс. км). Периодические обследования тормозных систем этих вагонов и накопленный стати-

стический материал доказывают их устойчивую работоспособность.

Гарантией высокой эффективности теоретически обоснованной модернизации тормозной системы тележек является то, что путем изменения характера действия гравитационных сил последние не наклоняют тормозные колодки до опирания в колеса, а разработанная конструкция направляющего устройства обеспечивает строго равномерное удержание тормозных колодок относительно образующей поверхности катания колес. Повышенная надежность достигается простотой конструкции и нейтрализацией разрушительно действующего момента сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тележка двухосная. Руководство по эксплуатации 578.00.000 РЭ / ФГУП «ПО Уралвагонзавод». – 2004. – 56 с.
2. Радзиховский А. А. Системный подход к проектированию тележек для грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками // Вагонный парк. – 2008. – № 8. – С. 10–16.
3. Блохин Е. П., Блохин У. П., Алпысбаев К. Т., Гаркави Н. Я. [и др.] Тележка ZK1 полувагонов, построенных в КНР // Вагонный парк. – 2012. – № 9. – С. 12–14.
4. Американские железнодорожные энциклопедии. Автосцепка, тормоза, авторегулировка: Пер. с англ. – М.: НКПС; Трансжелдориздат, 1934. – 135 с.
5. Асадченко В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава: Учебное пособие. – М.: Маршрут. 2006. – 392 с. ●

Координаты авторов: Мартынов И. Э., Нечволода К. С. – martinov.hiit@rambler.ru.
Статья поступила в редакцию 26.09.2014, принята к публикации 03.02.2015.

Статья подготовлена на основе материалов, представленных авторами на Международной научно-практической конференции «Конструкция, динамика и прочность подвижного состава», посвященной 75-летию со дня рождения В. Д. Хусидова (МИИТ, 20–21 марта 2014 года).

ON THE MODERNIZATION OF THE BRAKE SYSTEM OF FREIGHT CARS

*Martynov, Igor E., Ukrainian State Academy of Railway Transport (UkrGAZHT), Kharkov, Ukraine.
Nechvoloda, Constantine S., Ukrainian State Academy of Railway Transport (UkrGAZHT), Kharkov, Ukraine.*

ABSTRACT

The intensification of works to improve the running parts of freight cars in recent years is associated with significant deficiencies in the design of bogies. Extensive research is conducted, entirely new designs are created, existing systems are upgraded, and performance tests are conducted in the Russian Federation, the United States, China, the Ukraine and other countries. Components and spare parts, affecting driving performance of cars, are mainly exposed to changes and much less attention is paid to a brake system of bogies, which is very important in terms of train safety. In some innovative types of bogies attempts are made to improve the brake system with a variety of additional devices. However, during field tests this modernization shows often unsatisfactory results and its implementation is rejected due to

lack of efficiency and reliability. The main problem is the inability to achieve complete return motion of the brake shoes from wheels during brake release. Three-piece bogie brake system, which is currently in use (including for innovative options) was developed in the 30s of the last century [4] so that the amendment of the design changes entails a violation of dimensional chains, to which the main parameters of brakes performance are related. Because of this, researchers and designers are still unable to find an effective solution for increasing the reliability of brake systems of bogies.

The objective of the authors is to investigate some theoretical and practical issues of modernization of brake systems of freight cars, using mathematical and engineering methods.

The article results in a theoretical justification of negative properties associated with uneven return

