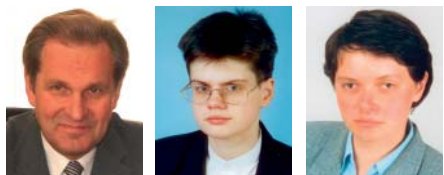


Инновации в тележках грузовых вагонов: реальность и перспективы

Ю. П. БОРОНЕНКО, докт. техн. наук, профессор ПГУПС,

Е. А. РУДАКОВА, канд. техн. наук, ОАО «НВЦ «Вагоны»,

А. М. ОРЛОВА, докт. техн. наук, ОАО «НВЦ «Вагоны»



Общее состояние дел. В России и странах СНГ ведутся работы по созданию грузовых вагонов нового поколения, которые должны повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта и привлечь на железные дороги новые объемы грузов. Одним из главных вопросов, определяющим характеристики новых вагонов, является проблема создания новых ходовых частей. Концепция создания новых тележек предусматривает базовый вариант тележки, с осевой нагрузкой 23,5...25 тс для скоростей движения до 120 км/ч; тележки для скоростного движения (до 140 км/ч) при осевой нагрузке 18...20 тс; тележки повышенной грузоподъемности, с осевой нагрузкой до 30 тс и уменьшением конструкционной скорости до 90...100 км/ч.

не зависимости от специализации к тележкам предъявляются следующие требования:

- повысить безопасность движения порожних грузовых вагонов при скоростях движения свыше 60 км/ч;
- исключить случаи излома боковых рам и надрессорных балок в эксплуатации;
- снизить расходы на обточку и замену колес, замену рельсов и содержание пути;
- увеличить межремонтные пробеги до 500 тыс. км и более.

Рядом предприятий стран СНГ проводится работа по созданию базовых тележек для осевых нагрузок 23,5 и 25 тс. Проектирование в основном ориентировано на традиционную трехэлементную тележку, рама которой состоит из двух боковых рам и надрессорной балки, жестко связанных друг с другом центральным подвешиванием. Трехэлементные тележки, кроме России, широко распространены в США, Канаде, Китае, большинстве стран Африки и в Австралии. Отрицательные результаты испытаний грузовых тележек с буксовым подвешиванием и жесткой рамой на российских железных дорогах сформировали мнение о непригодности такого конструктивного решения.

К достоинствам тележек с центральным подвешиванием относится прос-

тота конструкции, а также конфигурация рамы, которая позволяет получить минимальную массу тележки при увеличенной грузоподъемности. При жесткой связи боковых рам и надрессорной балки они не воспринимают кососимметричных нагрузок и имеют облегченную конструкцию. Кроме того, центральное подвешивание допускает раздельное галопирование боковых рам, а следовательно, распределение нагрузок на все колеса при проходе односторонних просадок рельсов, что особенно актуально для обеспечения безопасности движения при плохом состоянии пути.

Тележки с центральным подвешиванием в традиционном исполнении не лишены недостатков: малый статический прогиб подвешивания в порожнем режиме, не обеспечивающий необходимые ходовые качества, отсутствие буксового обрессоривания повышают воздействие на путь, фрикционные клинья с плоской наклонной поверхностью дают недостаточное сопротивление «забеганию» боковых рам, приводят к снижению устойчивости движения и интенсивному износу гребней колес. При создании современных трехэлементных тележек предприятия СНГ стремятся устранить известные недостатки, присущие данному типу подвешивания.

Теоретические требования к устройству трехэлементных тележек

На стадии проектирования трехэлементной тележки перед разработчиками стоит проблема выбора конструктивного решения связи колесной пары с боковой рамой, пружин подвешивания, их размещения в комплекте, конфигурации и материала фрикционных клиньев. Ситуация осложняется тем, что в трехэлементной тележке демпфирование вертикальных и поперечных колебаний и обеспечение жесткости в плане взаимосвязаны, значительное повышение жесткости в плане может одновременно привести к повышенным силам трения в подвешивании и увеличению воздействия на путь.

Продемонстрировать влияние параметров подвешивания на показатели ходовых качеств в плане можно с использованием упрощенного подхода [1, 2], основанного на вычислении жесткости на сдвиг между колесными парами (сдвиговой) K_s и жесткости на относительный поворот между колесными парами (изгибной) K_b (рис. 1), выражения которых для трехэлементных тележек имеют вид:

$$K_s = \frac{1}{2} \frac{b^2 K_x K_\psi}{a^2 K_\psi + b^2 K_x}, \quad K_b = 2c_x b^2,$$

где K_x, K_ψ — приведенные продольная и угловая жесткости тележки,

$$K_x = \frac{2C_x c_x}{2c_x + C_x}, \quad K_\psi = \frac{2a^2 c_y C_\psi}{2a^2 c_y + C_\psi};$$

c_x, c_y — продольная и поперечная жесткости буксового подвешивания; C_x, C_ψ — продольная и угловая жесткости центрального подвешивания; a, b — полубаза и половина расстояния между центрами подвешивания тележки.

Исследованиями ученых ПГУПС и НВЦ «Вагоны» [2] получены теоретические зависимости, позволяющие устанавливать связь между сдвиговой и изгибной жесткостью трехэлементных тележек и критической скоростью и показателями износа (рис. 2).

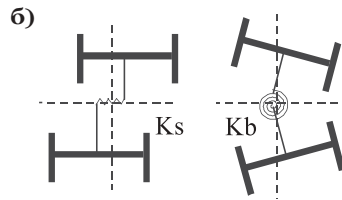
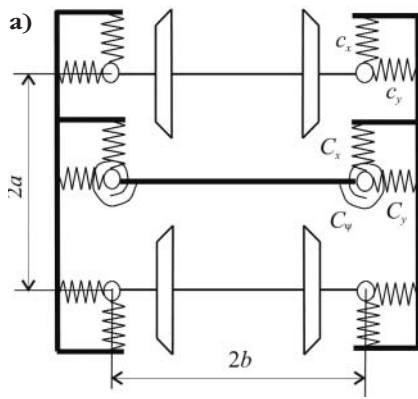
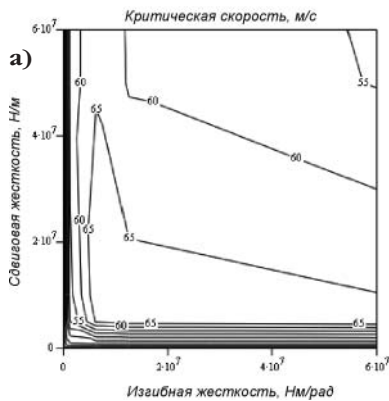


Рис. 1. Расчетная схема тележки (а) и схемы определения ее обобщенной сдвиговой (K_s) и изгибной (K_b) жесткости в тележке (б)

От величины жесткости K_s в основном зависит величина критической скорости экипажа и безопасность движения в прямых и кривых, а от изгибной жесткости K_b — износ гребней колес и рельсов. При этом для наилучшего вписывания вагона в кривую изгибная жесткость должна иметь минимальное значение, а для повышения скоростей движения должна быть увеличена сдвиговая жесткость.

При наличии упругой связи боковых рам и колесных пар (не равна бесконечности), при уменьшении K_b приведенная угловая жесткость тележки также будет небольшой, что приводит к снижению критической скорости, поэтому выбор становится особенно важным. При фрикционном опирании боковых рам на буксы, единственным независимым параметром, позволяющим существенно повысить критическую скорость, является угловая жесткость центрального подвешивания, или жесткость при забегании боковых рам. Для увеличения сдвиговой жесткости могут применяться фрикционные клинья пространственной конфигурации или перекрестные связи боковых рам.

В проектируемых тележках на осевую нагрузку 23,5 и 25 тс вопросы выбора параметров подвешивания решены различными способами.



Тележки для осевых нагрузок 23,5 тс

В первую очередь необходимо выделить две модернизации, направленные на совершенствование тележки модели 18-100: по проекту М 1698 (Россия) и по проекту С 03.04 (Украина) [3].

Идея модернизации по проекту М 1698 заключается в увеличении меж-

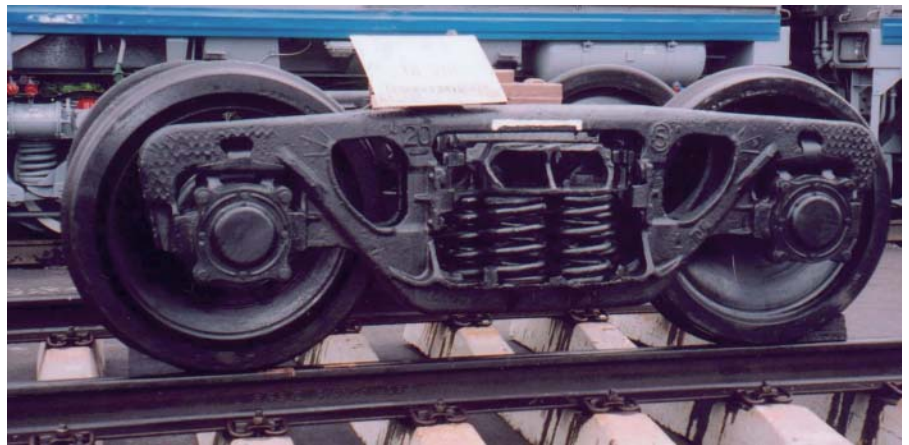


Рис. 3. Тележка модели 18-578

ремонтных пробегов за счет снижения темпов износа основных пар трения тележки в эксплуатации. На опорную поверхность буксового проема боковой рамы устанавливается износостойкая скоба, фрикционные планки заменяют составными, с подвижной планкой повышенной твердости, применяют

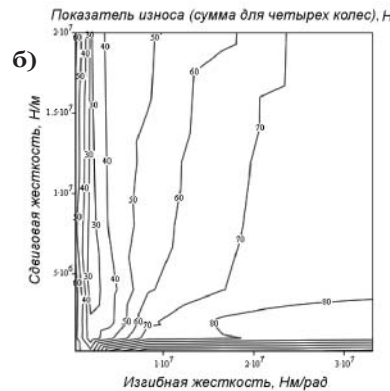


Рис. 2. Диаграммы зависимости критической скорости (а) и показателя износа (б) от сдвиговой и изгибной жесткости тележки

фрикционные клинья из чугуна марки СЧ-25, опорная поверхность подпятника защищается плоской прокладкой, скользяны оборудуют износостойким колпаком.

Комплексная модернизация тележек модели 18-100 по проекту С 03.04 решает задачу увеличения межремонтных пробегов за счет установки на тележку упруго-катковых скользянов постоянного контакта, износостойких фрикционных планок и фрикционных клиньев из высокопрочного чугуна с полиуретановыми накладками на наклонных поверхностях, плоских эластомерных прокладок в подпятнике, замены стандартного профиля колес на профиль ИТМ-73.

Боковые скользяны постоянного контакта предназначены для гашения колебаний боковой качки и виляния тележки с новым профилем колес, а сами колеса с новым нелинейным профилем — для

снижения интенсивности износа гребня и облегчения вписывания вагонов в криволинейные участки пути.

В новой тележке модели 18-578 ОАО «НПК «Уралвагонзавод» для осевой нагрузки 23,5 тс (рис. 3) для повышения износостойкости узлов трения (пробег от постройки до первого ДР 500 тыс. км) применены скобы на опорных поверхностях буксовых проемов, износостойкая чаша в подпятнике надрессорной балки, составная фрикционная планка, колеса повышенного качества и твердости [4].

Рессорное подвешивание тележки 18-578 выполнено из пружин меньшей, по сравнению с тележкой 18-100, жесткости (статический прогиб увеличен на 19 мм), что способствует улучшению динамики порожних и мало нагруженных вагонов. В тележке используются съемные скользяны упруго-каткового типа производства ОАО «НПК «Уралвагонзавод», чугунные термоуп-



Рис. 4. Тележка модели 18-9771

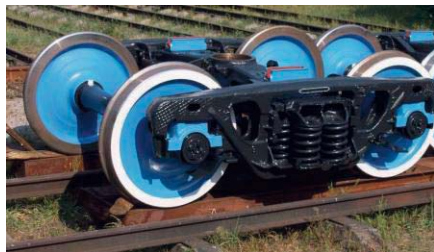


Рис. 5. Тележка модели 18-7020



Рис. 6. Тележка модели 18-9810



Рис. 7. Тележка модели 18-194-1



Рис. 8. Тележка модели 18-9800

роченные клинья с уретановыми накладками.

Тележка модели 18-578, также как и тележка модели 18-100, имеет аналоги, выпускаемые другими производителями под своими номерами моделей. Аналоги тележки 18-100 выпускают ЗАО «Промтрактор-Вагон» (модель 18-9770) и ОАО «Вагоностроительная компания Мордовии» (модель 18-9801). Аналогичные модели 18-578 тележки выпускают ЗАО «Промтрактор-Вагон» (модель 18-9771) и ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (модель 18-7020). Тележки отличаются использованием боковых скользунов различных типов: в тележке 18-9771 (рис. 4) —

это упругие скользуны ОАО «Вагонмаш» по технологии фирмы Miner (США) с эластомерной пружиной внутри литого износостойкого корпуса, а в тележке 18-7020 (рис. 5) — упруго-катковые скользуны фирмы А. Стаки (аналогичные модернизации С 03.04). В тележке 18-7020 применены кассетные подшипники с адаптером вместо буксы.

ОАО «НВЦ «Вагоны» для Тихвинского вагоностроительного завода разработана тележка модели 18-9810 (рис. 6) по технологии Barber-S-2 компании Standard Car Truck (США) [5] с осевой нагрузкой 23,5 тс.

В тележке модели 18-9810 практически отсутствуют неметаллические элементы, что гарантирует ее эксплуатацию при температурах до -60°C , а применение износостойких материалов в узлах трения обеспечивает межремонтный пробег не менее 500 тыс. км. Конструкция изнашиваемых деталей и узлов предусматривает визуальные индикаторы их предельного состояния для упрощения осмотра в эксплуатации.

Рессорное подвешивание имеет кучочно-линейную вертикальную силовую характеристику, что позволяет добиться увеличения гибкости подвешивания (прогиб подвешивания под порожним вагоном достигает 25 мм, что в 3,5 раза больше, чем у тележки 18-100). Составные фрикционные клинья пространственного действия изготавливаются из высокопрочного чугуна, обеспечивающего стабильные характеристики трения на поверхности, контактирующей с фрикционной планкой боковой рамы.

В кармане надрессорной балки приваривается сменная вставка пространственной конфигурации, изготовленная из мягкой стали. Угол между наклонными поверхностями вставки служит для прижатия двух частей клина к защитным износостойким планкам на стенках кармана. В такой конструкции поворот надрессорной балки относительно боковой рамы, возникающий при взаимном забегании боковых рам, стеснен, сопротивление забеганию в тележке 18-9810 под порожними вагонами выше в 1,5..2,2 раза, что позволяет поднять безопасные скорости их движения наравне с гружеными.

Колесные пары с двухрядными кассетными подшипниками взаимодействуют с боковыми рамами через адаптеры из высокопрочного чугуна и защитные скобы, установленные в буксовых проемах. В тележке применены боковые скользуны постоянного контакта, которые состоят из комплек-

та цилиндрических пружин, расположенных внутри корпуса.

Тележки для осевых нагрузок 25 тс

Для осевой нагрузки 25 тс ОАО «НПК «Уралвагонзавод» начал производить тележки модели 18-194-1 (рис. 7) [4]. В конструкции тележек модели 18-194-1 применяются фрикционные клинья увеличенной ширины (по сравнению с тележкой 18-100), пружины подвешивания имеют билинейную характеристику. В конструкции буксовых узлов используются кассетные подшипники, введены упругие неметаллические элементы между адаптером и боковой рамой. Упругие скользуны постоянного контакта, состоящие из неметаллического элемента в износостойком цилиндрическом корпусе, обеспечивают постоянный момент сопротивления вращению тележек под вагоном. В настоящее время полувагоны на этих тележках поступают в опытную эксплуатацию на сеть дорог ОАО «РЖД».

Тележку модели 18-9800 (рис. 8) для осевой нагрузки 25 тс, созданную ВНИКТИ (Коломна), планируется использовать под вагонами ОАО «Алтайвагон» и ОАО «РКТМ», [6]. Ее изготовление освоено ЗАО «Промтрактор-Вагон».

В тележке использован рессорный комплект, унифицированный с моделью 18-194-1, в конструкции фрикционных клиньев применены износостойкие накладки. В буксовом узле между адаптером подшипника и боковой рамой устанавливается U-образный резиновый элемент, который обеспечивает гибкость в продольном и поперечном направлении. В боковых скользунах постоянного контакта применены наборные конические неметаллические элементы. В связи с большими габаритами бокового скользуна по высоте, упругие элементы устанавливаются в стакан, выполненный в надрессорной балке. Конфигурация боковой рамы существенно отличается от типовой, так как отсутствуют вертикальные стойки буксового проема, что позволило исключить концентраторы напряжений в углах буксового и рессорного проемов за счет увеличенных радиусов.

Своя тележка для осевой нагрузки 25 тс есть также на Украине (модель 18-9717 ОАО «Дизельный завод», разработчик ООО «София-Инвест» на базе технологии Motion Control компании ASF-Keyston, Inc, США). Тележка допущена к курсированию только по железным дорогам Украины. В России аналогичная тележка осваивается ЗАО «Промтрак-

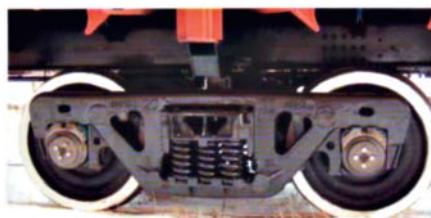


Рис. 9. Тележка модели 18-9836



Рис. 10. Тележка модели 18-4129



Рис. 11. Тележка модели 18-9750

тор-Вагон» и имеет номер модели 18-9836 (рис. 9) [7].

Колесные пары тележки взаимодействуют с боковыми рамами через адаптер и упругие элементы. В конструкции тележки предусмотрены скользящие, в которых в качестве упругого элемента применяется двухрядная цилиндрическая пружина, расположенная внутри корпуса. Применение пружин в скользящих тележки обеспечивает постоянство характеристик жесткости в зависимости от температуры.

Тихвинским вагоностроительным заводом проводятся работы по постановке на производство тележки с осевой нагрузкой 25 тс по технологии Varber S-2, несущие элементы которой (кроме колесных пар и наддресорной балки) унифицированы с тележкой модели 18-9810.

Отдельным конструкторским бюро ООО «София-Инвест» была разработана конструкция тележки повышенной грузоподъемности модели 18-4129 (рис. 10) [8], которая проходит постановку на производство на Украине.

При создании конструкции данной тележки был использован опыт как отечественных (тележки модели 18-194-1, 18-9800, 18-1711, 18-9750), так и зарубежных (Motion Control, S-2-HD, QCZ56) производителей.

В зависимости от типа вагона тележка может быть оборудована упругими, упруго-катковыми или роликовыми с

ззором скользящими. Подпятник наддресорной балки допускает установку плоского износостойкого элемента, изготовленного из стали или полимерных материалов.

Центральное рессорное подвешивание имеет билинейную силовую характеристику. Клин, изготовленный из высокопрочного чугуна, имеет увеличенную по площади криволинейную поверхность, которая имеет одноточечное касание с криволинейной поверхностью наддресорной балки. Дополнительная связанность рам обеспечивается за счет установки диагональных связей.

ОАО «НВЦ «Вагоны» была создана тележка модели 18-9750 для повышенных осевых нагрузок (рис. 11). В тележке использованы новые конструктивные решения основных узлов, обеспечивающие существенное снижение динамических нагрузок на путь и уменьшение износов колес и рельсов. Центральное билинейное подвешивание с фрикционными клиновыми гасителями колебаний пространственного действия, имеющими полиуретано-металлические износостойкие накладки на наклонных поверхностях, способствует повышению стабильности движения без применения скользящих постоянного контакта. Упругое соединение колесных пар и боковых рам посредством полиуретано-металлических элементов с подобранными горизонтальными жесткостями обеспечивает устойчивое движение вагона в прямых участках пути и вписывание в кривые с минимальными углами набегания. Снижение динамических нагрузок, действующих на боковую раму, и уменьшение нагрузки на путь достигается благодаря вертикальному статическому прогибу 8 мм в связи боковой рамы с колесной парой.

Заключение

Несмотря на теоретически и экспериментально доказанную возможность создания тележек, дружественных к пути, в производство в России запускаются тележки во многом повторяющие технические решения прежних лет, принятые за рубежом. Тележки, предложенные различными производителями, решают задачу улучшения показателей долговечности, ходовых качеств и безопасности движения вагонов каждый своим способом. Они имеют различное устройство боксы или адаптера, износостойкого элемента буксового узла, боковой рамы, пружин подвешивания, фрикционных клиньев, наддресорной балки, боковых скользящих и унифицированы только по колесным парам, кас-

сетным подшипникам и тормозной рычажной передаче. Новые решения связаны в основном с введением износостойких элементов в пары трения и амортизаторов безззорных скользящих. Появление большого числа разнотипных ходовых частей, принципиально не отличающихся по своим возможностям, вызовет дополнительные расходы в эксплуатации. На наш взгляд, целесообразно подумать о проведении открытого международного конкурса на создание новых тележек для грузовых вагонов колеи 1520 мм и принять эти тележки в качестве унифицированных для всей сети дорог колеи 1520 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tuning von Gueterwagendrehgestellen durch Radsatzkopplungen / A. Orlova, Y. Boronenko, H. Scheffel, R. Froehling, W. Kik // ZEV-Glaser Annalen 126 (2002), S. 270–282.
2. Бороненко Ю. П., Орлова А. М., Рудакова Е. А. Проектирование ходовых частей вагонов; Ч. 1. Проектирование рессорного подвешивания двухосных тележек грузовых вагонов: Учебное пособие. — СПб.: ПГУПС, 2003. — 74 с.
3. Лашко А. Д., Ушкалов В. Ф., Пасичник С. С. Перспективы комплексной модернизации тележек грузовых вагонов // Тез. докл. XII междунар. конф. «Проблемы механики ж.д. транспорта». — Днепропетровск: ДИИТ, 2008. — С. 91.
4. Ефимов В. П., Пранов А. А., Белоусов К. А., Еленевский И. Н., Чернов В. А. Перспективные грузовые тележки для российских железных дорог // Проблемы и перспективы развития грузового вагоностроения. Материалы науч.-техн. конференции, Екатеринбург — Нижний Тагил / Под науч. ред. А. В. Смольянинова. — Екатеринбург: УрГУПС, 2006. — С. 60–63.
5. Орлова А. М., Щербак Е. А. Тележка модели 18-9810 по технологии Varber S-2 // Тез. докл. VI науч.-техн. конф. «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». — СПб.: ПГУПС, 2009. — С. 131–132.
6. Косов В. С., Чаркин В. А., Добрынин Л. К., Мещерин Ю. В., Оганьян Э. С., Огуенко В. Н., Березин В. В. Тележка для грузового вагона нового поколения с осевой нагрузкой 25 тс // Проблемы и перспективы развития грузового вагоностроения. Материалы науч.-техн. конференции, Екатеринбург — Нижний Тагил / Под науч. ред. А. В. Смольянинова. — Екатеринбург: УрГУПС, 2006. — С. 131–133.
7. Концерн «Тракторные заводы»: курс на улучшение технико-экономических показателей грузовых вагонов // РЖД-Партнер. — 2009. — № 10. — С. 98–99.
8. Радзиховский А. А. Системный подход к проектированию тележек для грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками // Вагонный парк. — 2008. — № 8. — С. 10–16.