

Ю.П. БОРОНЕНКО, д-р техн. наук, профессор, ПГУПС (Россия)
А.М. ОРЛОВА, канд. техн. наук, ГУП НВЦ «Вагоны» (Россия)

ОБОБЩЕНИЕ НАКОПЛЕННОГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИХ ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА

У статті узагальнений досвід останніх наукових і практичних розробок в області візків вантажних вагонів, що повинен бути врахований при створенні типорозмірного ряду. Візки розбиті на типи по конструкційній швидкості, запропоновані технічні рішення для кожного типу. Крім того, у ряд входить три групи три групи для різних осевих навантажень. Сформульовано наукові і конструкторські проблеми, що очікують свого рішення.

В статье обобщен опыт последних научных и практических разработок в области тележек грузовых вагонов, который должен быть учтен при создании типоразмерного ряда. Тележки разбиты на типы по конструкционной скорости, предложены технические решения для каждого типа. Кроме того, в ряд входит три группы три группы для различных осевых нагрузок. Сформулированы научные и конструкторские проблемы, которые ожидают своего решения.

The paper generalizes experience of the latest scientific and practical developments in the field of freight bogies that can be implemented in the type series. Bogie types are split into classes by design speed, and technical solutions for each type are provided. The series also contains three types of groups with different axle loads. Scientific and design problems that are still to be solved are formulated.

Повышенные требования, предъявляемые к тележкам грузовых вагонов нового поколения, привели к признанию необходимости создания типоразмерного ряда, включающего в себя базовую тележку, тележку повышенной грузоподъемности и тележку для скоростного движения. Некоторые параметры тележек типоразмерного ряда приведены в разрабатываемом проекте стандарта [1].

Однако полученные за последние годы научные и практические результаты показывают необходимость пересмотра концепции типоразмерного ряда тележек грузовых вагонов.

В 1999 году при разработке Федеральной программы «Разработка и производство в России грузового подвижного состава нового поколения» была сформирована концепция перехода на трехгрупповую специализацию вагонов и ходовых частей. В качестве базового варианта была принята осевая нагрузка 25 тс (для скоростей движения до 120 км/ч). Кроме того, планировалось создание грузового подвижного состава для скоростного движения (до 140 км/ч) при осевой нагрузке 20 тс и подвижного состава повышенной грузоподъемности с осевой нагрузкой до 30 тс.

При этом в отношении тележек были поставлены следующие задачи:

– снижение воздействия вагонов на путь при увеличенной осевой нагрузке или скорости

движения до уровня не хуже, чем у тележки модели 18-100 (при осевой нагрузке 23,5 т);

– уменьшение износов элементов тележки, поверхности катания колесных пар и подреза гребней за счет улучшения динамических качеств вагона;

– увеличение межремонтных пробегов за счет внедрения износостойких элементов в тележку;

– создание сварных несущих конструкций тележки для организации их производства на машиностроительных предприятиях;

– повышение качества изготовления литых несущих конструкций.

Анализ результатов работ по созданию подвешивания новых ходовых частей

Большинство разработчиков, например тележки 18-194 (ФГУП «ПО УВЗ», рис. 1), 18-1711 (ОАО «МЗТМ», рис. 2), 18-9934 (ЦКБ ТМ, рис. 3) для снижения воздействия на путь и обеспечения безопасности при движении по рельсовому пути текущего содержания остановились на трехэлементной конструкции рамы и внедрении билинейного центрального рессорного подвешивания.

В табл. 1 приведено сравнение параметров билинейных рессорных комплектов тележек 18-1711 и 18-194, рассчитанных на осевую нагрузку 25 т, с серийной тележкой. Анализ результатов показал, что разработанные рессорные

комплекты обеспечивают лучшую амортизацию усилий в вертикальном направлении, особенно для порожнего вагона.

Таблица 1

Сравнение параметров рессорных комплектов

Показатель	Тележка		
	18-100	18-1711	18-194
Прогиб под тарой*, мм	7	17	14
Прогиб под брутто**, мм	49	73	73
Разность прогибов, мм	42	56	59
Эффективный прогиб (брутто), мм	49	58	63
Поперечная жесткость, МН/м			
- тара	4,64	1,80	3,53
- брутто	4,64	4,03	5,81

)*-нагрузка на пятник 6 т

)**-нагрузка на рессорный комплект 228,8 кН

При сходных параметрах рессорных комплектов в вертикальном направлении жесткость комплекта тележки 18-194 в поперечном направлении для порожнего вагона сравнима, а для груженого – превосходит таковую для тележки 18-100. Это проявилось в результатах ходовых испытаний тележки – ходовые качества порожнего вагона оказались хуже, чем на тележках 18-100. На основании расчетов [3] было рекомендовано ограничить величину поперечной жесткости центрального подвешивания до 1,8...2,5 МН/м под тарой вагона и 3,0...4,0 МН/м под брутто. Подвешивание тележки 18-1711 удовлетворяет этим требованиям.

Основываясь на результатах ходовых испытаний тележки 18-194 можно сделать вывод, что для существенного улучшения ходовых качеств и снижения воздействия на путь изменения параметров центрального подвешивания недостаточно. Научные разработки ПГУПС и ГУП НВЦ «Вагоны» [4, 5, 6], показали, что без введения в конструкцию тележки горизонтально-упругой связи колесной пары с боковой рамой добиться результата невозможно. В работах [6, 3] выбраны и обоснованы рациональные величины продольной и поперечной жесткости этой связи. Опытные тележки с буксовым подвешиванием, выполненным из неметаллических элементов, разработаны ОАО «МЗТМ» (рис. 2) и ВНИКТИ.

Таким образом, принципиальная схема базовой тележки нового поколения определена – тележка должна иметь нежесткую раму, гори-

зонтально-упругую связь боковых рам и колесных пар, билинейное центральное рессорное подвешивание.



Рис. 1. Тележка модели 18-194

Разработка тележки модели 18-1711 (ОАО «МЗТМ») показала возможность создания единого центрального рессорного подвешивания для осевых нагрузок 23,5 и 25 тс, а работы НВЦ «Вагоны» [10, 11] – возможность создания единой конструкции горизонтально-упругой связи колесной пары с боковой рамой. Таким образом, создание различных рессорных комплектов для осевых нагрузок 23,5 и 25 тс является нецелесообразным. Достаточно иметь рессорный комплект для 25-тонной нагрузки. Этот комплект можно использовать и для вагонов с осевой нагрузкой 23,5 т. Для создания нового рессорного комплекта осевая нагрузка должна отличаться как минимум в 1,2 раза.

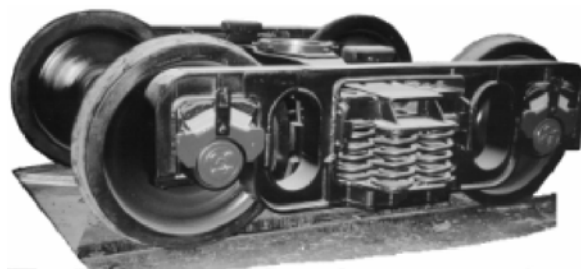


Рис. 2. Тележка модели 18-1711

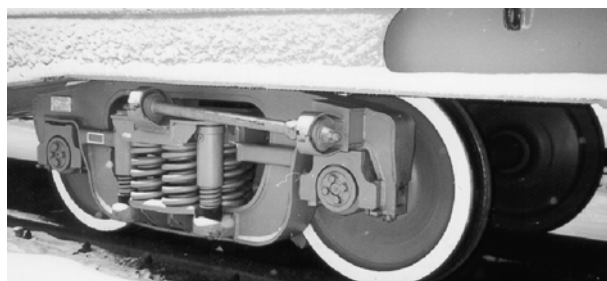


Рис. 3. Тележка модели 18-9934

Работы по совершенствованию схемы опирания кузова вагона на тележку в основном сконцентрированы на создании надежной конструкции упругого беззазорного бокового

скользун. Эффективность применения скользуна фирмы STUCKI в конструкции тележки 18-100, движение которой в прямых неустойчиво, доказано экспериментальными работами в России и Украине [7]. Однако необходимость применения такого скользуна на тележках с упругой связью боковой рамы и колесной пары, движение которых при правильном выборе параметров должно быть устойчивым вплоть до конструкционной скорости, не является очевидным и требует дополнительной научной и экспериментальной проработки. Пока можно лишь с уверенностью сказать, что тележка может опционно оборудоваться упруго-демпфирующими скользунами для обеспечения дополнительной стабилизации боковой качки при движении некоторых видов вагонов с высоким центром масс.

Необходимо отметить, что конструктивные схемы тележек с упругой связью колесных пар и боковых рам для достижения наилучших показателей ходовых качеств в кривых и максимальных пробегов между обточками колес требуют применения профиля колеса переменной кривизны с достаточно большой эквивалентной конусностью (в отличие от профиля тележки 18-100 с низким постоянным значением конусности). Такой профиль необходимо разработать и внедрить в тележках нового поколения.



Рис. 4. Тележка модели P 25.120

Работы по тележкам с надбуксовым подвешиванием практически остановлены. Тележка P 25.120 (ОАО «Ижорские заводы», рис. 4) имела массу, больше чем на 1,5 т превышающую предусмотренную техническим заданием. Поэтому дальнейшие работы по данной тележке были прекращены, хотя, на наш взгляд, следовало бы доработать тележку и оценить преимущества буксового подвешивания с точки зрения воздействия на путь.

Тележка модели 55-316 (ВЛВРЗ, рис. 5) прошла стадию ходовых испытаний и показала хорошие результаты. Однако исследование ста-

тической и усталостной прочности несущей конструкции не было завершено.

Анализ результатов работ по созданию несущих конструкций новых ходовых частей

Успех тележки в равной мере зависит от качества ее подвешивания и от прочности и технологичности изготовления ее несущих конструкций.

Сварные конструкции боковых рам и наддресорных балок, обеспечивающие необходимую прочность и долговечность, прошли экспериментальную отработку в тележках 18-9934 и ВНИКТИ. Имеются перспективные проработки и в тележке 18-1711.

ПГУПС совместно с НВЦ «Вагоны» созданы новые методики расчета несущих элементов, учитывающие работу буксового и центрального подвешивания [12, 13]. Опыт расчетов показал, что ограничением на повышение осевой нагрузки являются не геометрические размеры сечений, а наличие в конструкции зон концентрации напряжений. Поэтому при создании несущих конструкций особое внимание должно уделяться геометрической конфигурации, размещению оборудования и технологических отверстий.

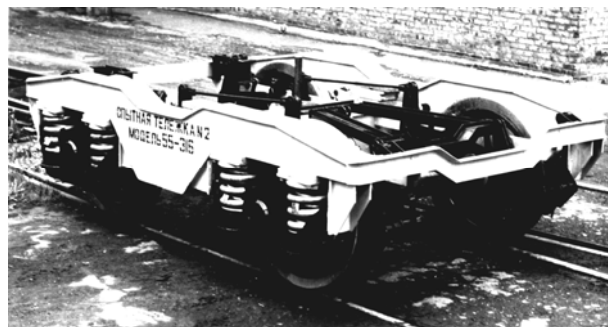


Рис. 5. Тележка модели 55-316

Предложения по созданию типоразмерного ряда тележек

В работах [6, 8, 9] показано, что в зависимости от величины обобщенной сдвиговой жесткости конструктивные схемы тележек естественным образом разбиваются на три группы по критическим скоростям движения. В предлагаемом варианте типоразмерного ряда (рис. 6) конструктивные схемы тележек разбиваются по типам (А, Б, В), соответствующим эксплуатационным скоростям движения: до 90 км/ч, до 120 км/ч и 140 км/ч.

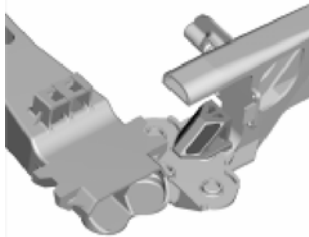
В тележке с жесткостью на забегание боковых рам, обеспечиваемой плоской клиновой системой, при введении упругой связи «букса –

рама» невозможно реализовать критическую скорость свыше 100 км/ч. Скорости движения до 120 км/ч могут быть обеспечены тележкой с повышенной жесткостью на забегание боковых рам. Вариант увеличения жесткости за счет пространственного клина с упругими накладками проработан в тележке 18-1711, а в тележке 18-9934 для этой цели использованы диагональные тяги с упругими шарнирами. Для дальнейшего увеличения скоростей необходимо вводить дополнительные связи колесных пар, повышающие сдвиговую жесткость тележки, как, например, предложено в проекте Г. Шеффеля для модернизации тележки 18-100 устройством Radial Arm, [4].

А)



Б) А+



В)

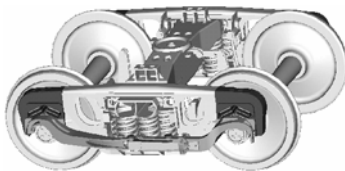


Рис. 6. Типы конструктивных схем тележек по эксплуатационной скорости движения: А – до 100 км/ч; Б – до 120 км/ч; В – 140 км/ч и выше

Тележки для различных скоростей движения различаются только конструктивным устройством клиновой системы и наличием или отсутствием дополнительных связей колесных пар, то есть получаются путем модификации базовой конструкции. При этом рессорный комплект и горизонтально-упругая связь боковой рамы и колесной пары, а также, очевидно, несущие конструкции остаются неизменными.

В рамках каждого типа могут создаваться тележки с различными осевыми нагрузками,

которые разбиты на группы (I – 18...22 т/ось, II – 23,5...25 т/ось, III – 27,5...30 т/ось). Каждой группе осевых нагрузок должна отвечать унифицированная конструкция буксового подвешивания, рамы тележки, колесной пары и биллинейного рессорного комплекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проект межгосударственного стандарта. Тележки двухосные грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. Первая редакция.
2. Общие технические требования к грузовым вагонам нового поколения. – М.: МПС РФ, 2001.
3. Рудакова Е.А. Выбор основных параметров ходовых частей грузовых вагонов с использованием моделей движения различной степени сложности // Этот сборник. – С. 166-173.
4. Tuning von Güterwagendrehgestellen durch Radsatzkopplungen / A. Orlova, Y. Boronenko, H. Scheffel, R. Fröhling, W. Kik // ZEV-Glaser's Annalen 126 (2002), S 270-282.
5. 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. – 72 с.
6. Орлова А.М. Обоснование возможности реализации рациональной горизонтальной жесткости тележки трехэлементной конструкции // Этот сборник. – С. 148-152.
7. Ушкалов В.Ф., Мокрый Т.Ф., Черкашин Ю.М., Кочнов А.Д., Белоусов В.Н. Модернизация серийной тележки модели 18-100 для улучшения динамических и эксплуатационных качеств грузовых вагонов // Труды конф. «Проблемы механики железнодорожного транспорта». – Днепропетровск, 2000.
8. Бороненко Ю.П., Орлова А.М., Ефимов В.П. Разработка типоразмерного ряда ходовых частей грузовых вагонов // Современные проблемы взаимодействия подвижного состава и пути. – Щербинка, 2003. – С. 64-67.
9. Boronenko Yu., Orlova A., Bubnov V., Romen Yu. Development of higher capacity freight bogies with low track forces. // 18th IAVSD Symposium Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks. Extensive summaries. Atsugi, Kanagawa, Japan: 2003 – P. 305-307.
10. Бороненко Ю.П., Орлова А.М., Васильев С.Г., Державец Ю.А., Аношин Г.В., Турков А.И. Полиуретановые элементы буксового подвешивания тележек грузовых вагонов // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты. Сб. научн. статей. – СПб.: ПГУПС-ЛИИЖТ, 2003. – С. 39-45.
11. Бороненко Ю.П., Орлова А.М., Рудакова Е.А., Васильев С.Г., Аношин Г.В. Экспериментально-теоретические исследования надежности полиуретановых упругих элементов в соединении

- «букса-рама» тележек грузовых вагонов // Труды конф. «Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте». – СПб.: ПГУПС, 2004.
12. Васильев С.Г. Особенности конструктивного исполнения и напряженного состояния боковой рамы трехэлементной тележки, оборудованной упругими элементами в соединении с буксой // Этот сборник. – С.43-47.
13. Васильев С.Г. Влияние способов задания граничных условий и нагрузок при расчете на прочность боковой рамы тележки грузовых вагонов // Шаг в будущее (Неделя науки – 2004): Межвуз. сб. научн. трудов – СПб.: ПГУПС, 2004.