

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТЕЛЕЖЕК ЛОКОМОТИВОВ

В статье приводится описание современных конструкций тележек с улучшенными динамическими характеристиками для скоростных электровозов и тепловозов зарубежного и украинского производства, а также тенденции развития отечественного электровозостроения.

У статті описуються сучасні конструкції візків, які мають кращі динамічні характеристики, для сучасних швидкісних електричних локомотивів та тепловозів іноземного та українського виробництва, а також тенденції розвитку вітчизняного електричного локомотивобудування.

The article describes modern designs of the bogies, with approved dynamic parameters, for high speed foreign and Ukrainian-produced diesel and electric locomotives. The current trends in Ukrainian locomotive-building industry have been discussed.

Эксплуатационный парк Украины стареет, а подвижной состав практически не обновляется. В бюджете Украины нет средства на закупку за рубежом новых электровозов и других видов подвижного состава. Поэтому еще в 1993 году Кабинетом Министров Украины было принято постановление № 480 (от 26.06.1993) «Про розробку і виробництво у 1993–2000 роках магістральних вантажних і пасажирських електричних локомотивів». Этот документ стал основным в создании подотрасли электровозостроения для магистрального железнодорожного транспорта.

При создании новых и модернизации существующих типов магистральных электровозов необходимо учитывать то обстоятельство, что в последние годы железные дороги Украины испытывают все возрастающую конкуренцию со стороны других видов транспорта, особенно в области пассажирских перевозок. В связи с этим увеличение скоростей движения стало насущной необходимостью. В свою очередь увеличение скоростей движения вызывает необходимость в проектировании тележек с улучшенными динамическими качествами.

В последнее время развитие зарубежного и отечественного локомотивостроения идет по пути создания тележек с системой радиальной установки колесных пар в кривых с различными техническими решениями. У таких тележек наблюдается существенное снижение уровня поперечных сил, действующих на внутренний рельс кривой [4], значительное уменьшение износа гребней колес [3–5], а также экономия энергии за счет снижения сопротивления движению поезда в крутых кривых [4].

На протяжении десятилетий одной из ведущих в разработке новых конструкций механической части локомотивов и моторвагонного подвижного состава является Швейцарская фирма Swiss Locomotive & Machine Works (SLM) [4]. В последние годы фирма уделяет основное внимание созданию тележек с радиальной установкой колесных пар в кривых, которые дают возможность движения со скоростью до 200 км/ч по сложным в плане линиям. Такие тележки нашли применение на серийных локомотивах семейства Lok2000 в ряде стран Западной Европы (электровозы: серии 460 Федеральных железных дорог Швейцарии; серии 465 региональной железной дороги BLS, Швейцария; Sr2 железных дорог Финляндии; EL18 железных дорог Нидерландов и т. д.).

Общий принцип в конструкции тележек разработки SLM – пассивное самоориентирование осей колесных пар по радиусу кривой в плане пути. При этом используется тот факт, что поверхности катания колес имеют псевдоконический профиль, и незначительного поперечного смещения колесной пары достаточно, чтобы наружное колесо в кривой установилось на больший диаметр качения, внутренний – на меньший. За счет этой разницы диаметров колесная пара автоматически ориентируется по радиусу. Обе колесные пары тележки соединены механизмом связи, обеспечивающим поворот осей в горизонтальной плоскости в противоположных направлениях и облегчающим радиальную установку колесных пар.

Первым в мире локомотивом, оснащенным тележками с радиальной установкой колесных пар в кривых, был электровоз Re 4/4 для регио-

нальной железной дороги Бодензе–Тогенбург [4], где много кривых малого радиуса.

В обычных условиях пассивного ориентирования осей по радиусу достаточно, но в особых случаях применяют активное ориентирование с помощью пневматического привода. Система активного ориентирования действует независимо от того, в каком режиме находится локомотив или моторный вагон (тяги, торможения или выбега).

В середине 80-х годов на бывших Национальных железных дорогах Японии проводили сравнительные ходовые испытания устройств, обеспечивающих самопроизвольную, полупринудительную и принудительную установки колесных пар [6]. В результате испытаний было установлено, что эффективны только два способа снижения поперечных сил во взаимодействии колес и рельсов при движении поезда с высокой скоростью в кривой малого радиуса: применение в тележке системы угловых связей и принудительная установка обеих колесных пар с помощью гидравлического привода. Система самопроизвольной установки оказалась менее эффективной. Для практического применения была принята система принудительного направления с направляющими тягами, действующая в зависимости от угла поворота тележки. При этом важно было выбрать оптимальное соотношение между длиной плеч рычага. С учетом величины поперечных сил, выявленной в ходе испытаний, его приняли на 35 % большим, чем считающееся идеальным соотношением между колесной базой тележки и расстоянием между центрами тележек.

Несмотря на трудности в экономике, в России идут на кооперацию с иностранными фирмами при создании нового подвижного состава с повышенными скоростями движения для магистральных железных дорог и промышленности. Так, продуктом совместной работы специалистов ВЭЛНИИ, НЭВЗ и фирмы «АДтранц» (Швейцария) по созданию магистральных электропоездов двойного питания с асинхронными тяговыми двигателями стал электропоезд ЭП1 для работы на стыках дорог России, электрифицированных на постоянном токе (3 кВ) и переменном токе (25 кВ, 50 Гц). Применение опорно-рамного привода позволяет повысить скорость движения до 140...160 км/ч [7].

Специалисты ВЭЛНИИ, НЭВЗа и ОАО «Коломенский завод» разработали и изготовили два пассажирских электропоезда переменного тока ЭП200 с вентильными двигателями и опорно-рамным подвешиванием, которые успешно

прошли испытания и обеспечили максимальную скорость движения 200 км/ч. Принято решение о выпуске 8...10 аналогичных электропоездов ЭП201 с конструкционной скоростью 160 км/ч [7].

Автор статьи [8] на примере локомотива типа 2ТЭ116 методами компьютерного моделирования провел исследования влияния различных конструкций экипажей на динамику локомотива, а также на износ бандажей колес. Сравнивались два варианта конструкции тележек. Первый вариант – с управляемыми связями кузова с тележкой, которые создают (с помощью силовых цилиндров) «активные» моменты, действующие от кузова на тележку по направлению к центру кривой. Второй вариант – локомотив с устройствами радиальной установки колесных пар в кривой. Эти устройства поворачивают к центру кривой не всю тележку, а только ее колесные пары. В связи с относительной сложностью устройств первого типа и систем управления применение их на магистральных локомотивах ограничено.

В работе [9] автор описывает конструкцию тележки с активной следящей системой управления положением колесных пар в прямых и кривых участках пути (патент № 2168431). После проведения испытаний электропоезда ВЛ60<sup>к</sup>-1699, оборудованного такими тележками, оказалось, что управляемая тележка со свободно вращающимися на оси колесами не имеет ограничения скорости по устойчивости автоколебательных процессов в горизонтальной плоскости (извилистое движение), благодаря чему она может быть использована для высокоскоростного рельсового подвижного состава. Следящая система управления движением тележки со свободно вращающимися на оси колесами в прямых и кривых участках пути обеспечивает необходимую установку колесных пар в кривых независимо от скорости и режима движения.

Специалисты ВНИИЖТа также считают, что на подвижном составе наиболее целесообразно применение колесных пар с независимо вращающимися на оси колесами [10], которые по сравнению с обычными колесными парами обладают рядом преимуществ. В частности, с увеличением скорости движения у колесных пар с независимо вращающимися на оси колесами не возникают автоколебания в горизонтальной плоскости.

Однако натурные испытания подвижного состава с колесными парами такой конструкции выявили их существенный недостаток: из-за

недостаточного направляющего действия конусности бандажей происходит длительное взаимодействие гребней бандажей и головок рельсов, что в свою очередь вызывает повышенный износ гребней бандажей.

Специалисты ВЭЛНИИ в содружестве с производителями НЭВЗа разработали унифицированную экипажную часть шестиосного пассажирского электровоза. Этот электровоз с бесколлекторными тяговыми двигателями обеспечивает движение с конструкционной скоростью 160...180 км/ч, а в перспективе, после применения тягового привода III класса, ожидается, что скорость движения возрастет до 200 км/ч. Особенностью данной тележки являются: тяговый привод с опорно-рамным подвешиванием двигателей и системы связей тележек с кузовом [10]. Кузов опирается на крайние тележки посредством пружин, установленных на боковине рамы и работающих на сжатие и сдвиг. Значительное снижение жесткости системы опирания кузова на тележки поперечному сдвигу кузова относительно них при движении в прямых и угловому повороту при входе в кривые и движении в круговых кривых заметно улучшает динамические характеристики экипажа и уменьшает его воздействие на путь.

Актуальность проблемы внедрения скоростного движения в международном сообщении на железных дорогах Украины возросла после разработки концепции развития транспорта Украины на 1997–2010 гг. и одобренной Кабинетом Министров Украины «Программы создания и функционирования национальной сети международных транспортных коридоров в Украине» [11]. В этих документах предусматриваются техническое перевооружение железнодорожных коридоров, а также повышение скорости движения поездов на существующих линиях международного значения и выполнение комплекса подготовительных работ для обеспечения развития высокоскоростного движения по всей территории Украины. Как известно, повышение скорости движения поездов – это сложная проблема. Она требует комплексного и гармоничного развития всех компонентов: вагонного и локомотивного парка, путевой инфраструктуры, систем централизации, автоблокировки, энергоснабжения. Все это в свою очередь влечет за собой большие капиталовложения.

Учитывая зарубежный и отечественный опыт, ученые и специалисты железнодорожного транспорта Украины определили концепцию организации скоростного и высокоскоростного

движения пассажирских поездов, которая предусматривает поэтапное повышение скоростей движения до 160 км/ч на существующих линиях с последующим переходом к созданию специализированных высокоскоростных (до 250 км/ч) магистралей.

Ведутся работы по созданию нового и модернизации существующего подвижного состава с учетом все возрастающих требований к его скорости движения, комфорту и безопасности. В связи с этим постановлением Правительства было предусмотрено, в первую очередь, создание и освоение производства восьмиосного грузового электровоза постоянного тока типа ДЭ1, который по своим параметрам и эксплуатационным характеристикам должен не только заменить изношенный эксплуатируемый парк электровозов, но и удовлетворять требованиям эксплуатации, как минимум, в течение 30 лет. Работы в этом направлении ведутся с 1993 года, а в 2003 году получено разрешение Межведомственной комиссии на выпуск опытной партии из 40 электровозов, из которых уже 24 переданы в эксплуатацию. Созданный электровоз превосходит своих предшественников мощностью, силой тяги, а следовательно, и производительностью, обеспечивая при этом минимальные затраты энергии на единицу перевозочной работы. Принципиально новая экипажная часть электровоза обеспечивает высокие динамические качества при движении на всех участках пути и обеспечивает необходимую прочность при всех режимах работы электровоза. Тележки электровоза не содержат узлов трения, а все шарнирные соединения связей с кузовом выполнены герметическими со смазыванием, что позволяет снизить затраты на ремонт и обслуживание экипажной части электровоза. Для передачи силы тяги (торможения) от тележек к кузову применены наклонные тяги.

Созданию первого магистрального украинского электровоза предшествовала многолетняя работа не только промышленников, но и научного потенциала ДИИТа. Еще на стадии проектирования, с учетом особенностей конструкции электровоза, с помощью компьютерного моделирования выбирались рациональные значения различных его узлов [12–15].

Конструкционная скорость первого отечественного грузового магистрального электровоза – 100 км/ч. Но работы по созданию нового подвижного состава, в том числе и скоростного, для железных дорог Украины продолжаются. В 1998 году начаты работы по созданию

четырёхосного грузопассажирского электровоза переменного тока типа ДСЗ, на котором реализован ряд принципиально новых технических решений. Электровоз ДСЗ является базовым электровозом с асинхронными тяговыми двигателями. Расчетное значение конструкционной скорости движения электровоза ДСЗ-001 принято равным 160 км/ч.

Однако и эта новая модель, опытный образец которой проходит приемочные испытания, сможет в лучшем случае обеспечить в будущем движение со скоростью до 200 км/ч. Переход в Украине к высокоскоростному локомотивостроению приводит к необходимости искать новые технические решения, связанные с принудительным вписыванием в кривые колесных пар и тележек, использованием устройств наклона кузова или иные методы повышения скорости движения без ущерба для динамических качеств подвижного состава, безопасности его движения и комфорта для пассажиров.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чумак В. В., Браташ В. А. Перспективы развития электровозостроения в Украине // Транспорт. – Вып. 11. 2002. – С. 3–6.
2. Кірпа Г. М. Основні напрямки поліпшення стану Українських залізниць у сучасних умовах // Залізничний транспорт України. – 2001. – № 4. – С. 2–6.
3. Смит Р. Е., Андерсон Р. Дж. Тележки с радиальной установкой колесных пар в кривых // Железные дороги мира. – 1989. – № 12. – С. 39–51.
4. Тележки фирмы SLM с радиальной установкой колесных пар в кривых // Железные дороги мира. – 1998. – № 3. – С. 42–47.
5. Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт. Сооружения и устройства. Подвижной состав. Организация перевозок. (Обобщение отечественного и зарубежного опыта).

- Т. 2. – СПб.: Информационный центр «Выбор», 2003. – 448 с.
6. Новая тележка для дизель-поездов железных дорог Японии // Железные дороги мира. – 2001. – № 9. – С. 48–50.
  7. Новому веку – новый подвижной состав // Локомотив. – 2000. № 9–12.
  8. Маслиев В. Г. Динамика локомотива с устройством для радиальной установки колесных пар в кривых // Вісник Східноукр. нац. ун-ту. Технічні науки. Серія Транспорт. – 2002. – № 6(52). – С. 69–74.
  9. Цыганков П. Ю. Совершенствование конструкции тележек скоростных локомотивов с целью улучшения их динамики: Автореф. на соиск. ... к.т.н. – М. – 2002. – 24 с.
  10. Кодинцев И. В., Бабков Е. В. Электровоз двойного питания ЭП10: особенности конструкции и электрических схем // Локомотив. – 1999. – № 12. – С. 9–11.
  11. Програма створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні // Урядовий кур'єр. Орієнтир. – 09.04.1998. – С. 7-16.
  12. Динамические характеристики и рациональные значения параметров ходовых частей электровоза ДЭ1 / Е. П. Блохин, В. Д. Данович, В. А. Литвин и др. / Транспорт. – Вып. 11. 2002. – С. 8–16.
  13. Блохин Е. П., Коротенко М. Л., Грановский Р. Б. Динамические ходовые испытания электровоза ДЭ1 (001; 002) // Транспорт. – Вып. 11. 2002. – С. 42–47.
  14. Динамічні випробування електровоза ДЕ1-008 в умовах Львівської залізниці / Є. П. Блохін, М. Л. Коротенко, Н. Й. Грановська та ін. / Транспорт. – Вып. 11. 2002. – С. 48–52.
  15. Выбор рациональных значений жесткости связи наклонной тяги с кузова электровоза / Е. П. Блохин, М. Л. Коротенко, И. В. Клименко и др. / Транспорт. – Вып. 11. 2002. – С. 17–20.

Поступила в редколлегию 14.10.03.