

# Разработка тележки для вагонов с низким уровнем пола

**В Японии в первом десятилетии XXI в. обострилась проблема прогрессирующего старения общества и потребовались меры по обеспечению доступности средств общественного транспорта для людей пожилых и с ограниченной подвижностью. Поэтому на железных дорогах и городском рельсовом транспорте страны появилась потребность в подвижном составе с низким уровнем пола. С 1997 г. в расположенном на западе Японии городе Кумамото эксплуатируется парк вагонов трамвая, разработанных ведущими европейскими компаниями. Опыт их эксплуатации послужил толчком для подготовки и реализации планов использования низкопольных вагонов в масштабах всей страны.**

В мае 2000 г. министерство транспорта обратилось к национальным компаниям — изготовителям подвижного состава для рельсового городского транспорта с предложением разработать в первую очередь тележку для вагонов с низким уровнем пола, предназначенных для обращения на линиях узкой (1067 мм) колеи.

Восемь японских компаний (ALNA Sharyo, Kawasaki Heavy Industries, Kinki Sharyo, Mitsubishi Heavy Industries, NABCO, Nippon Sharyo, Toshiba и Toyo Denki Seiso) с целью изучения данной проблемы и выполнения проектно-конструкторских работ создали целевую организацию — Техничко-исследовательский институт по тележкам для подвижного состава облегченного рельсового транспорта узкой колеи. Деятельность института, в составе которого были подразделения по тележкам, тяговому приводу и тормозному оборудованию, продолжалась 3 года. Календарный план исследований и разработок приведен на рисунке.

## Концепция

Для обеспечения соответствия требованиям национальных и международных стандартов, а также

для решения технических проблем, связанных с эксплуатацией существующего подвижного состава рельсового транспорта облегченного типа (LRV), технический комитет института организовал разработку конструктивной концепции тележки с учетом обеспечения:

- удобной посадки в вагоны рельсового транспорта пожилых пассажиров и лиц с ограниченными физическими возможностями;
- соответствия конструкции тележки техническим условиям, действующим на железных дорогах Японии применительно к пассажирским вагонам.

За основу концепции было принято, что для реализации идеи низкопольных вагонов узкой колеи необходимы независимо вращающиеся колеса. Поэтому все остальные компоненты тележек должны соответствовать этому принципу. Понадобились, например, малогабаритные тяговые двигатели для размещения с внешней стороны независимых колес. Одновременно следовало разработать механизм, обеспечивающий направление оси с парой независимых колес в рельсовой колее, а также тормозную систему с малогабаритной механической передачей, приспособленной к независимым колесам.

Основные технические характеристики, которые согласно принятой концепции должны быть свойственны низкопольному вагону LRV узкой колеи с новыми тележками, приведены в табл. 1.

## Деятельность института и ее результаты

Целью работ, запланированных институтом на 2001 финансовый год, была разработка эскизного проекта опытного образца тележки и тягового привода. В результате подтверждена перспективность концепции тележки, пригодной для использования под вагонами с низким по всей площади уровнем пола при ширине прохода между креслами в салоне не менее 800 мм.

При разработке тягового привода сравнивали два варианта, отличающихся конструкцией тяговой передачи. В то же время, кроме одноосной тележки с двумя независимо вращающимися колесами, рассматривали вариант двухосной тележки с четырьмя независимыми колесами.

В первой половине 2002 финансового года были завершены разработка тормозной системы и детальное проектирование тележки. Во второй половине 2002-го и в 2003 финансовом году были изготовлены опытные образцы тележек и проведены различные испытания на их соответствие техническим требованиям. Все работы выполнены практически без отклонений от графика.

За 3 года работы института текущие вопросы неоднократно обсуждались на заседаниях комитетов и секций.

## Исследования

На начальном этапе исследования рассматривались принципиальные требования к характеристикам разрабатываемой тележки. В качестве входной информации для рассмотрения служили сведения из практического опыта, касающиеся параметров пути, конструктивных особенностей и эксплуатационных характеристик подвижного состава, эксплуатируемого на железных дорогах Японии.

## Проектирование, изготовление и испытания

В соответствии с намеченными целями разработок были предложены проекты нескольких вариантов тележки и после их тщательного обсуждения остановились на трех из них (табл. 2). Выполненный прочностной анализ показал, что по этому показателю тележка во всех вариантах полностью соответствует принятым нормам.

### Тяговый привод и тормозная система

После выбора базовой конструкции малогабаритного тягового двигателя применительно к тележке в трех вариантах был выполнен его детальный проект в двух вариантах — с тяговой передачей через редуктор и с непосредственным приводом соответствующего колеса. Предпочтение было отдано двигателю в герметизированном исполнении с циркуляционным охлаждением.

Для того чтобы удостовериться в необходимости оснащения тягового привода системой регулирования режимов работы отдельных двигателей с учетом разницы радиусов при движении вагона на тележках с независимыми колесами в кривых, был выполнен сравнительный анализ ряда вариантов таких систем с использованием метода компьютерного моделирования.

Этапы исследований и разработок	Финансовый год		
	2001	2002	2003
<b>Конструктивная концепция</b>			
Эскизный проект	■		
Прочностной анализ		■	
<b>Тяговый привод</b>			
Разработка и изготовление тягового двигателя		■	
Разработка и изготовление независимых колес	■		
Разработка системы управления		■	
<b>Тормозная система</b>			
Разработка и изготовление тормозной системы		■	
<b>Тележка (проектирование)</b>			
Рабочий проект		■	
<b>Тележка (изготовление)</b>			
Изготовление опытных тележек		■	
Разработка и изготовление рессорного подвешивания			■
<b>Тележка (испытания)</b>			
Испытания тележки			■

Календарный план деятельности института по тележкам

Анализ на реальных объектах, к сожалению, проведен не был.

После обсуждения и анализа оценочных факторов были проведены испытания тягового привода, результаты которых подтвердили, что реальные рабочие характеристики обоих его вариантов с двигателем мощностью 24 кВт соот-

ветствуют прогнозируемым. Сравнением достоинств и недостатков рассмотренных систем, подтвержденных экспериментально, и анализом технических проблем, появление которых возможно в ходе серийного изготовления и эксплуатации, данный этап проектирования был завершен.

Таблица 1

Технические характеристики вагона LRV с новыми тележками

Объект	Параметр	Значение
Путь	Ширина колеи, мм	1067
	Минимальный радиус проходимых кривых, м	18
	Максимальный уклон, ‰	40
	Максимальная осевая нагрузка, т	7
Вагон	Составность поезда	Два или три
	Расчетная пассажироместность, чел.	80
	Максимальная перенаселенность, %	200
Кузов вагона	Длина, мм	Не более 18 000
	Ширина, мм	Не более 2300
	Уровень пола над УГР, мм	330 (300 у входных дверей)
Эксплуатационные параметры	Максимальная скорость, км/ч	60
	Ускорение, м/с <sup>2</sup>	0,97
	Замедление при служебном торможении, м/с <sup>2</sup>	1,25
	Замедление при экстренном торможении, м/с <sup>2</sup>	1,39

Таблица 2

## Конструктивные варианты тележки

Вариант	Конфигурация	Достоинства
А	С двумя независимыми колесами и устройством направления оси в рельсовой колее	Простое обеспечение совместимости с конструкцией вагона
В	С четырьмя независимыми колесами с тяговым приводом через редуктор	Использование испытанных традиционных технологий
С	С четырьмя колесами с непосредственным приводом (система DDM)	Компактность конструкции

Тормозная система в трех исполнениях для трех вариантов опытных тележек, так же как и тяговый привод, была спроектирована и изготовлена с учетом характерных для железных дорог Японии эксплуатационных условий. При этом предпочтение отдано не пневматическому, а гидравлическому тормозу. Испытания, в том числе функциональные, динамические и на длительную прочность, подтвердили расчетные характеристики тормозной системы.

**Тележка**

Детальное проектирование тележки в трех вариантах было завершено в 2002 финансовом году, ее опытные образцы изготовили в 2002 – 2003 гг.

Все детали и узлы опытных тележек изготовлены в Японии, за исключением колес с упругими промежуточными элементами, которые позволяют снизить уровень шума и вибраций при движении поезда.

После изготовления опытных образцов провели испытания рам тележек под воздействием статической нагрузки и на длительную прочность, которые подтвердили их достаточно высокие прочностные характеристики. Кроме того, тележки были подвергнуты стендовым испытаниям, имитирующим

условия движения в кривых; при этом не было отмечено каких-либо проблем при движении со скоростью до 70 км/ч. Параллельно с этими эксплуатационными испытаниями контролировали соответствие предложенных тележек основной цели разработок, а именно обеспечению возможности их эксплуатации на линиях узкой колеи под вагонами LRV с низким уровнем пола и шириной прохода между рядами кресел не менее 800 мм.

Заключительный цикл эксплуатационных испытаний был проведен в условиях движения на действующей линии, правда, с некоторыми ограничениями, а именно: движение вагона в прямом участке пути осуществлялось на локомотивной тяге, поскольку разработанные тележки (кроме варианта А) не являлись собственно тележками, а вагон не был полностью оснащен устройствами управления тяговым приводом и тормозами. Вместе с тем эти испытания прошли без проблем, а максимальная достигнутая скорость составила 31 км/ч.

**Выводы**

На основе вновь разработанного тягового привода и тормозной системы спроектирована новая тележка в нескольких вариантах исполнения. В ее конструкции в мак-

симально возможной степени использованы детали производства японских компаний, что позволит в дальнейшем избежать проблем, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом.

При разработке и изготовлении опытных тележек узкой колеи для вагона с низким расположением пола технические проблемы рассматривали с точки зрения производства и ремонтпригодности. Кроме того, проанализирована надежность конструктивных связей между тележкой и кузовом вагона.

Опытные образцы тележек были подвергнуты разного рода испытаниям на соответствие принятым техническим требованиям.

**Заключение**

Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по рассматриваемой проблеме, начатые в апреле 2001 г., были, как и планировалось, завершены в течение 3 лет. В результате разработаны и изготовлены опытные образцы тележки в трех вариантах, обладающей заданными характеристиками. С другой стороны, в результате проверки прогнозируемых основных характеристик, в частности, рам тележек и тягового привода было выявлено, что некоторые вопросы из ранее поставленных и обсуждавшихся в рамках исследования остались нерешенными. Но поскольку решение этих проблем представляется возможным, полагают, что подвижной состав на доработанных тележках новой конструкции появится в ближайшем будущем на железных дорогах Японии.

*T. Masuda. Japanese Railway Engineering, 2004, № 1, p. 15 – 18.*