

Разработка и испытания тележки TR 400 для высокоскоростного движения

Для высокоскоростных электропоездов железных дорог Германии (DBAG) на базе облегченной тележки В 5000 разработана тележка TR 400, рассчитанная на скорость до 350 км/ч. Она прошла стендовые и ходовые испытания под промежуточным вагоном поезда ICE 2 в Германии и под вагоном поезда Синкансен серии E2 в Японии. Результаты испытаний подтвердили высокие ходовые качества новой тележки.

В рамках совместного проекта железнодорожной компании Japan Rail East (JR East) и железных дорог Германии (DBAG) было принято решение о создании тележек для высокоскоростных электропоездов железных дорог Японии и Германии. В 1995 г. партнеры согласовали технические требования к тележкам и выбрали компании, которые должны были разработать, изготовить и испытать новые тележки. В Германии эти работы выполнила Bombardier Transportation (бывший завод Waggonfabrik Talbot), в Японии — корпорация Sumitomo.

Основные требования

К новым тележкам были предъявлены следующие основные требования:

- максимальная скорость 350 км/ч;
- собственная масса 5000 кг;
- высокая плавность хода;
- низкий уровень сил между колесом и рельсом;
- незначительный уровень шума при движении;
- низкие затраты жизненного цикла.

Испытания тележки в Японии проводились в электропоезде серии E 2, в Германии — под проме-

жуточным вагоном поезда ICE 2 (рис. 1). Тележка для высокоскоростного движения в соответствии с европейской технической спецификацией по совместимости систем (TSI), как минимум, должна обладать низкой неподрессоренной массой и обеспечивать высокую плавность хода при движении.

Корпорацией Sumitomo была разработана тележка TR 9005 традиционной конструкции (рис. 2), в которой с целью достижения заданных характеристик проводилась многократная оптимизация деталей. Компания Bombardier при разработке своего варианта (тележка TR 400) использовала системные достоинства тележки В 5000 с внутренним опиранием (рис. 3). Технические характеристики обеих тележек приведены в таблице.

Тележка В 5000 как базовая разработка

При разработке тележки TR 400 за основу была принята тележка В 5000 (рис. 4), разработанная компанией Bombardier в содружестве с железными дорогами Великобритании (BR). При создании новой тележки преследовались следующие цели:

- снижение общей массы;
- уменьшение неподрессоренной массы;
- минимизация расходов на техническое обслуживание;
- упрощение технического обслуживания;
- снижение нагрузки на рельсы;
- обеспечение незначительного аэродинамического сопротивления движению.

Поставленные цели должны были достигаться с использованием обычных для железнодорожного машиностроения материалов, чтобы сохранить в опре-

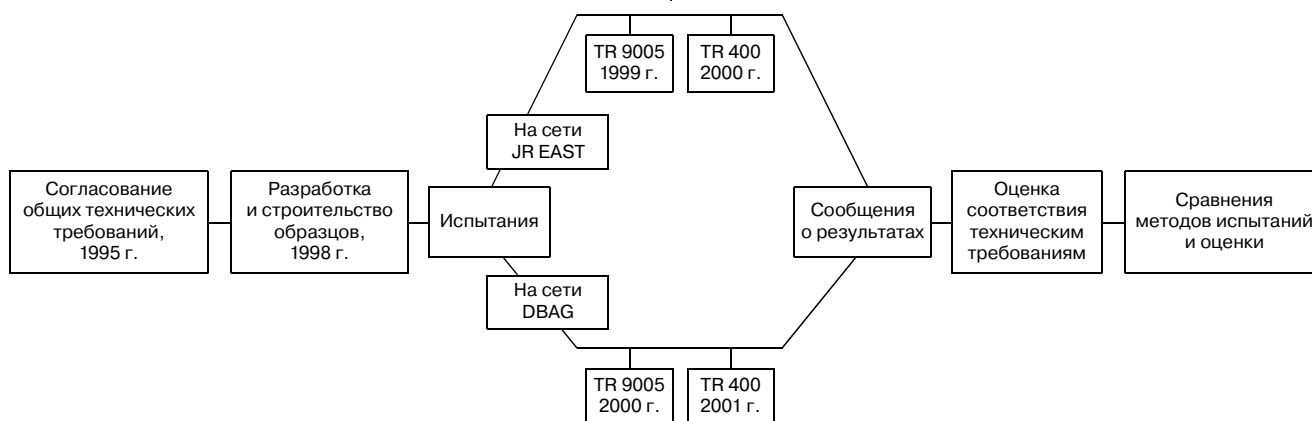


Рис. 1. Процесс создания в Японии и Германии тележек для высокоскоростного движения

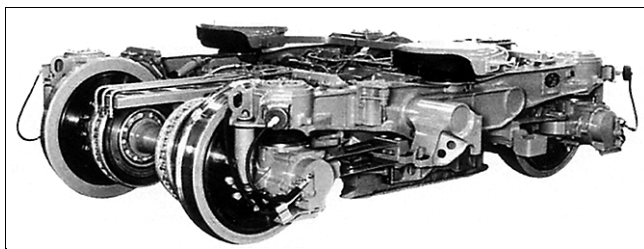


Рис. 2. Тележка TR 9005 (Япония)

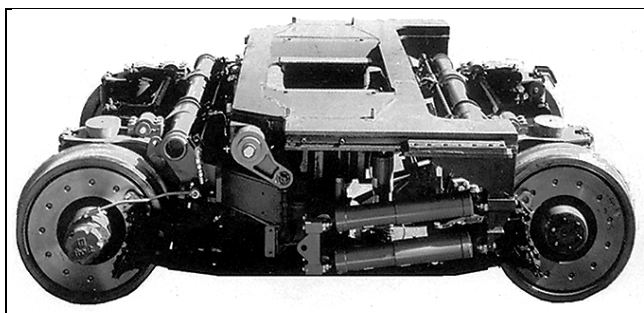


Рис. 3. Тележка TR 400 (Германия)

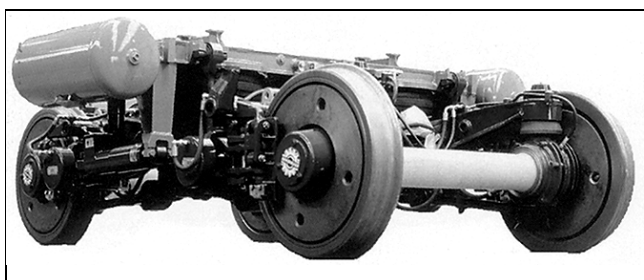


Рис. 4. Облегченная тележка В 5000 компании Bombardier

деленных границах, с одной стороны, технические риски, а с другой — проектные. Эта концепция была принята компанией Bombardier при разработке в 1990 – 1991 гг. тележки В 5000, успешно выдержавшей испытания на сети ВР.

Опытные образцы тележки прошли испытания на усталостную прочность в Великобритании, где также проходила опытная эксплуатация. С 1991 г. поддерживающая тележка В 5000 используется в моторва-

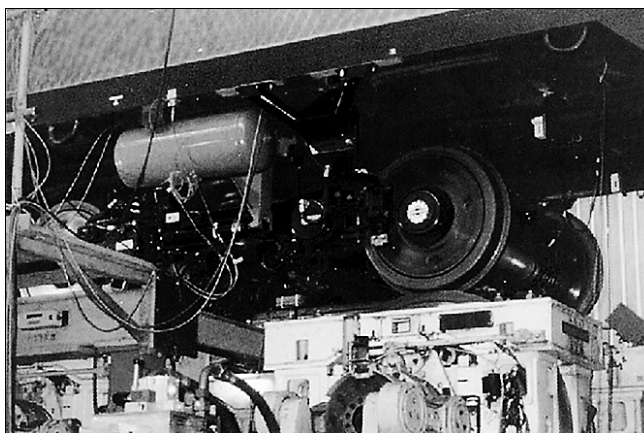


Рис. 5. Тележка В 5000 на катковом стенде Мюнхен-Фрайман

Технические данные тележек

| Параметр | TR 9005 (Sumitomo) | TR 400 (Bombardier) |
|---|--------------------|---------------------|
| Максимальная скорость, км/ч | 350 | 350 |
| Максимальная осевая нагрузка, т | 14 | 15 |
| Масса (без магнитно-рельсового тормоза), кг | 5500 | 4900 |
| Диаметр колес, мм | 840 – 780 | 780 – 730 |
| База, мм | 2500 | 2500 |

гонных поездах. Параллельно с ней был разработан вариант моторной тележки, однако из-за неоптимальной конструкции привода ее эксплуатационные испытания через некоторое время были приостановлены, в то время как поддерживающие тележки эксплуатируются на ВР в течение длительного времени.

DBAG, убежденные в достоинствах тележки В 5000, использовали ее под вагонами пригородных поездов типа Silberling. Хотя эти тележки и не предназначены для высокой скорости движения, в опытной поездке была достигнута скорость 250 км/ч, а на катковом испытательном стенде Мюнхен-Фрайман (рис. 5) — даже 320 км/ч. За два года испытаний на DBAG тележки прошли около 800 тыс. км. При этом износ колес был незначительным, а техническое обслуживание получило положительную оценку.

В Норвегии тележки В 5000 эксплуатируются уже семь лет; здесь также отмечен незначительный износ колес и безусловная пригодность тележек для ежедневной эксплуатации даже в экстремальных зимних условиях.

В Великобритании более 200 тележек В 5000 используют в дизель-поездах, обращающихся со скоростью до 200 км/ч; выдан заказ еще на 300 тележек.

Высокоскоростная тележка TR 400

Как уже отмечалось, тележка TR 400 с внутренним опиранием колесных пар и упругой на скручивание рамой базируется на тележке В 5000, но основные ее компоненты адаптированы к высокой скорости движения. База тележки увеличена, что делает возможной установку на ней магнитно-рельсового или вихретокового тормоза.

В новой тележке применена колесная пара специальной конструкции. Благодаря внутреннему опиранию достигается распределение сил и действующих моментов, являющееся оптимальным не только для самой колесной пары, но и для рамы тележки. Ось колесной пары выполнена полдой и имеет увеличенный диаметр, что обеспечивает наиболее благоприятное соотношение ее нагруженности и массы. Благодаря малой массе рамы и колесных пар значительно снижена общая масса тележки. Это позволило применить в тележке TR 400 колеса меньшего

диаметра, чем у В 5000, при одинаковой нагрузке. Однако главным достоинством новой тележки является уменьшенная осевая нагрузка, что важно при высокоскоростном движении.

Массу колесной пары в тележке удалось снизить на 30 – 40 %. Это привело к уменьшению неподдрессоренной массы, момента инерции и сил в зоне контакта колесо — рельс, а также к повышению допустимой предельной скорости.

Первая ступень рессорного подвешивания состоит из простых эластомерных упругих элементов, преимущественно воспринимающих вертикальные нагрузки, и поводков колесных пар с втулками из эластомера. Благодаря упругой на скручивание раме жесткость в вертикальном направлении может меняться в широком диапазоне, не влияя на безопасность в отношении схода с рельсов. Для того чтобы вызванные высокой скоростью ускорения, действующие на компоненты тележки, были низкими, первая ступень в вертикальном направлении выполнена относительно мягкой. Упругие элементы первичного подвешивания, ограничивающие боковую качку, гарантируют требуемую низкую величину коэффициента наклона.

Вторая ступень подвешивания состоит из системы пневморессор со встроенными аварийными рессорами, дополнительного поперечного подрессоривания и боковых опор. Чтобы выявить дальнейшие возможности оптимизации, в тележке смонтировали элементы, обеспечивающие активное гидравлическое поперечное подрессоривание и полуактивное вертикальное демпфирование. Характеристики этих элементов в экспериментах варьировались. Ограничения во времени, необходимом для проведения экспериментов, не позволили собрать достаточно данных. Однако полученные результаты все же дают возможность сделать заключение о пригодности таких устройств.

Вследствие меньшей массы новой тележки ее тормоза были выполнены более простыми и легкими. Предусмотрены тормозные диски на колесах и дополнительный диск на оси каждой колесной пары. Тележка разработана и испытана в расчете на использование вихретокового тормоза. Однако при ходовых испытаниях применялся лишь магнитно-рельсовый.

Испытания

В Японии стендовые и эксплуатационные испытания тележки TR 9005 проведены в 1999 – 2000 гг.

На DBAG также были проведены стендовые и ходовые испытания тележки TR 400. На специализированных стендах испытывали различные компоненты этой тележки для проверки их соответствия техническим требованиям. Проводили статические и динамические испытания рамы, осей колесных пар, тормозных дисков и фрикционных накладок, термические испытания дисков и накладок с оценкой износостойкости.

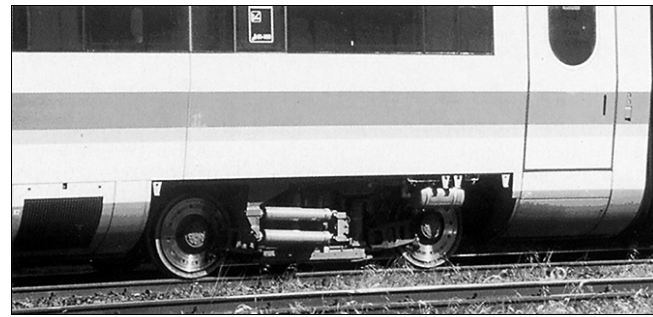


Рис. 6. Промежуточный вагон поезда ICE 2 с тележкой TR 400

Стабильность движения и возникающие колебания, включая случаи отказа, для тележек под промежуточным вагоном поезда ICE 2 (рис. 6) оценивали на катковом стенде DBAG Мюнхен-Фрайман. При длительных испытаниях тележки разворачивали по отношению к кузову, определяли жесткость подрессоривания, оценивали безопасность в отношении схода с рельсов при перекосе пути.

Прохождение тележками кривых исследовали на участках между Триром и Диллингенем, а также на подъеме Гайсслингер. Их движение со скоростью до 250 км/ч оценивали на высокоскоростной линии Ганновер — Вюрцбург, а со скоростью, превышающей 250 км/ч, — на новой линии Ганновер — Берлин.

На следующем этапе были проведены поездки на большие расстояния и определена тормозная мощность. Измерительный поезд состоял из двух концевых моторных вагонов ICE 2 в голове и хвосте, доработанных для движения со скоростью до 400 км/ч, а также измерительного и экспериментального вагонов.

Результаты ходовых испытаний обеих тележек можно сформулировать следующим образом:

- доказана пригодность для движения с эксплуатационной скоростью 350 км/ч;
- опробованы технические решения по снижению сил между колесом и рельсом;
- подтверждено измерениями улучшение характера колебаний;
- показана возможность снижения массы тележки до 5000 кг путем применения легких материалов и оптимизации конструкций;
- установлено, что плавность хода, определяемая уровнем колебаний кузовов вагонов в поезде ICE 2, не в полной мере отвечает техническим требованиям;
- показано, что возможно осуществление дополнительных мероприятий по снижению уровня излучаемого шума в тележке с внутренним опиранием (применение фартуков).

Испытания подтвердили, что тележка TR 400 пригодна для высокоскоростного движения и технические требования выполнимы при ее оптимизации.