

И. П. КИСЕЛЁВ

Краткий обзор истории высокоскоростных поездов в Японии. Часть 3

В 1990-х годах в Японии продолжались работы по созданию высокоскоростных электропоездов следующего поколения, обладающих улучшенными скоростными, мощностными и массогабаритными показателями. В тяговом приводе поездов стали использовать преобразователи на новой элементной базе, в конструкции механической части — более современные материалы и технологии. В результате по технико-эксплуатационным характеристикам японские поезда в основном превзошли европейские разработки тех же лет.

Высокоскоростные поезда четвертого поколения

Последними по времени новшествами японских железнодорожных компаний JR Central и JR West в области высокоскоростного подвижного состава стали электропоезда серий 500 и 700. Первый из них

создан компанией JR West самостоятельно, второй — совместными усилиями JR Central и JR West. При реализации проектов новых поездов был учтен опыт создания предшествующих, особенно экспериментальных 300 X и WIN 350. Оба проекта осуществлялись практически одновременно. Поезда серий 500 и 700 весьма близки по техническим характеристикам и предназначены для эксплуатации на одних и тех же маршрутах линий Токайдо и Санъё Синкансен.

Поезд серии 500

Электропоезд серии 500 (рис. 1) состоит из 16 вагонов (все моторные). Он имеет наиболее впечатляющие характеристики среди всех высокоскоростных поездов Японии: самую большую конструкционную скорость — 320 км/ч, повышенную общую и удельную тяговую мощность, меньшую удельную массу вагонов, но вместе с тем и более высокую стоимость [1].

Начальным этапом создания поезда, получившего серийное обозначение 500, явилась реализация

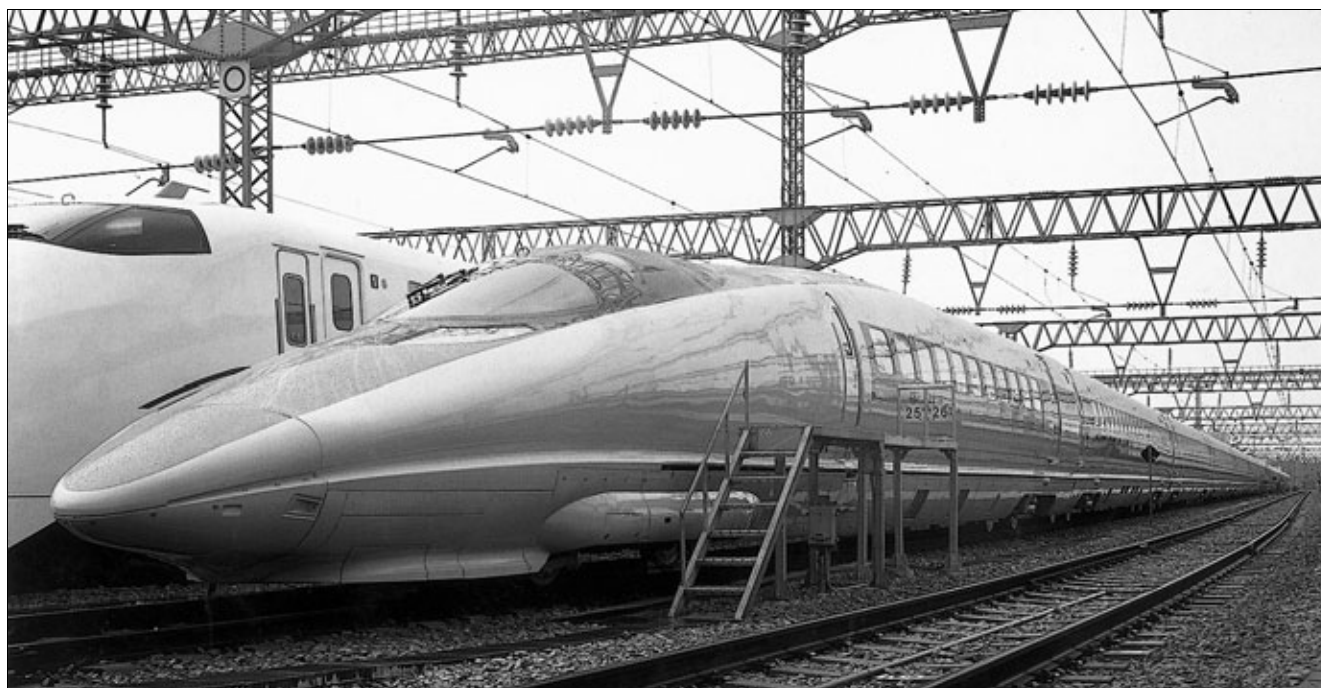


Рис. 1. Поезд серии 500



Рис. 2. Носовой обтекатель концевого вагона поезда серии 500

компанией JR West проекта опытного поезда WIN 350. Именно на нем были опробованы многие инженерно-конструкторские решения, которые позже воплотились в поезде серии 500.

Кузова вагонов поезда серии 500 имеют уменьшенное по сравнению с другими поперечное сечение (всего около $10,2 \text{ м}^2$), по форме приближающееся к кругу, что создает лучшие условия для работы конструкции во время движения поезда при изменяющемся внешнем давлении воздуха. Для изготовления кузовов использованы длинномерные алюминиевые панели (профили) и сотовые алюминиевые паяные секции. Мелкоячеистые алюминиевые секции имеют высокие звукоизолирующие свойства и эффективно препятствуют распространению шума от колесных пар и тележек в пассажирские салоны, особенно в диапазоне частот около 800 Гц, к которому наиболее чувствительно ухо человека. Масса кузова промежуточного вагона составляет лишь 5,6 т.

При взгляде на поезд серии 500 бросается в глаза (даже на фоне общего отличия поездов «японского» стиля от европейских) очень вытянутая ракетобразная носовая часть конечных вагонов, длина которой достигает 15 м (рис. 2). Это, по утверждениям разработчиков, существенно улучшило аэродинамические

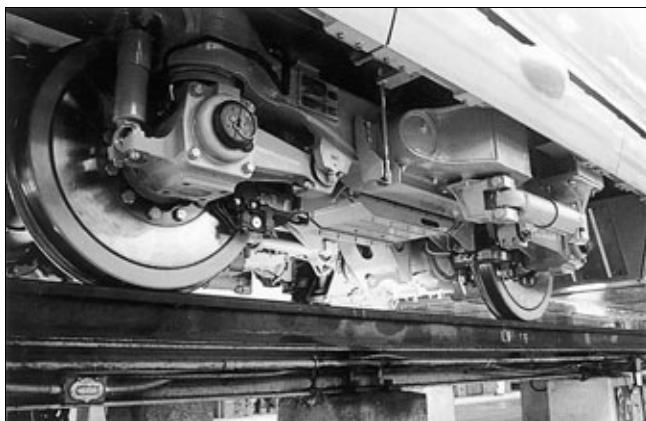


Рис. 3. Тележка поезда серии 500

характеристики поезда при проходе через тоннели и при встрече поездов, движущихся с высокой относительной скоростью. Для улучшения обзора кабина машиниста помещена в небольшой каплеобразный выступ, напоминающий кабину современного самолета-истребителя. Поезд характеризуется исключительной гладкостью, «зализанностью» поверхности всех сопрягающихся элементов кузова. Так, удалось добиться величины стыков (разницы уровней наружной поверхности кузовов и стекол окон пассажирских салонов) менее 3 мм. Носовой заостренный обтекатель изготавливается из алюминиевых заготовок, которые, как это ни парадоксально выглядит в век супертехнологий, выколачиваются вручную на деревянных формах и свариваются на шаблонах с последующей тщательной заделкой и шпатлевкой швов.

В поездах серии 500 используются тележки, конструкция которых опробована в вагонах опытного поезда WIN 350. Эти тележки (рис. 3) с рамами Н-образной формы без концевых брусьев не имеют подрессорных балок, их колесная база равна 2500 мм, диаметр колес 860 мм.

В первой ступени рессорного подвешивания применены буксы-рычаги с цилиндрическими пружинами, залитыми в резиновую оболочку (типа «Элиго»), и гидравлическими гасителями колебаний. В центральной ступени подвешивания применены пневматические рессоры диафрагменного типа, а между рамой тележки и кузовом вагона включены гидравлические гасители колебаний. Характеристики устройств пневматического подвешивания регулируются с помощью компьютерной системы управления в зависимости от скорости движения, населенности поезда и состояния пути. В конечных вагонах применена активная система подавления колебаний, а в вагонах, на крыше которых установлены токоприемники, полуактивная (обе системы по принципу действия аналогичны используемым в поездах серии E2). Все это вместе обеспечивает высокую плавность хода, препятствует развитию во время движения боковой качки, виляния и других нежелательных явлений. Первые тележки каждого из конечных вагонов (крайние в поезде) оснащены устройствами измерения горизонтального и вертикального ускорения рамы тележки и вибрации. Во время движения бортовой компьютер постоянно контролирует эти параметры и при превышении установленных пороговых величин передает информацию о неудовлетворительном состоянии пути или подвижного состава в центр управления движением поездов, а в случае необходимости дает команду на экстренную остановку поезда.

Поезд серии 500 состоит из четырех секций по четыре вагона в каждой. Все электрическое оборудование имеет подвагонное исполнение, по крыше вагонов проложен соединительный высоковольтный ка-

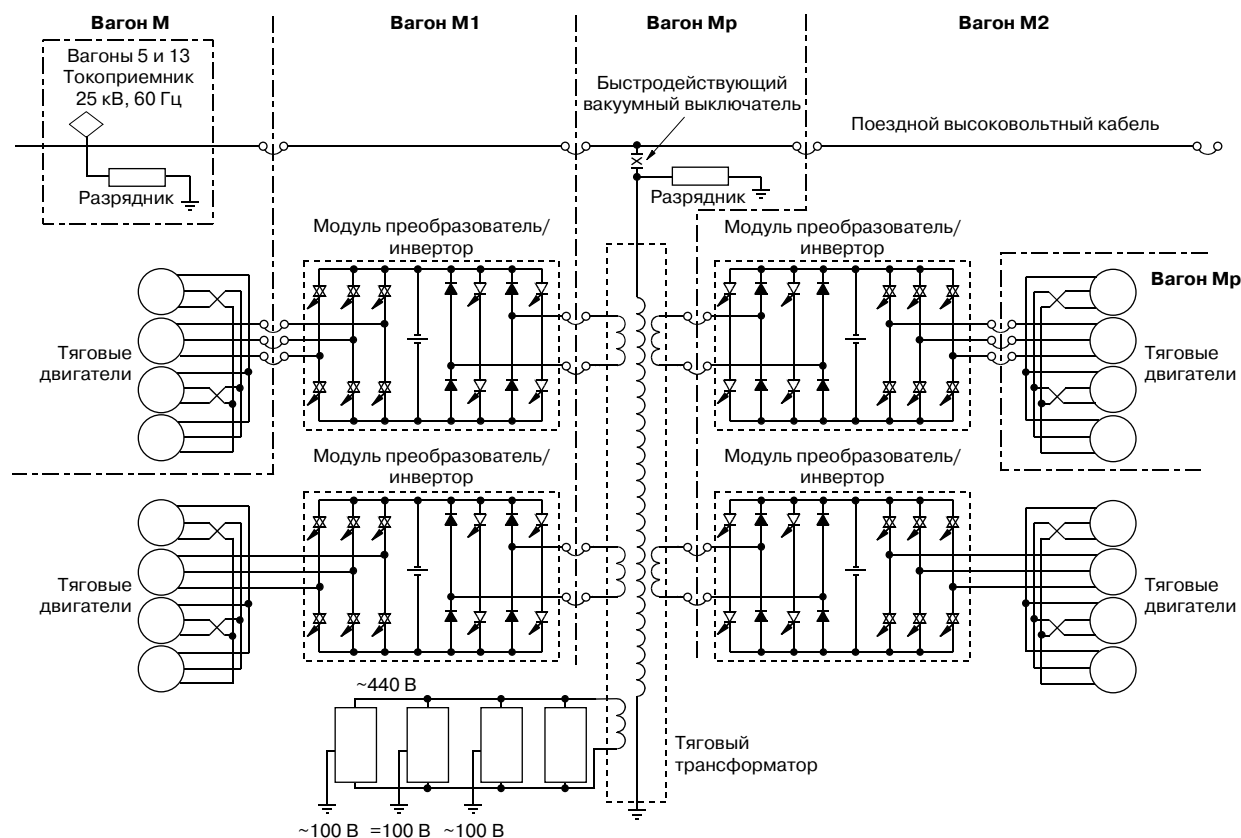


Рис. 4. Принципиальная тяговая схема четырехвагонной секции поезда серии 500

бель, который, однако, не выступает за габаритные очертания кузова. Общая тяговая мощность поезда составляет $285 \times 64 = 18\,240$ кВт, установившаяся скорость равна 365 км/ч, ускорение при пуске — $0,44$ м/с² (1,6 км/ч/с), остаточное ускорение при скорости 320 км/ч — $0,072$ м/с². Величину пускового ускорения можно увеличить до $0,53$ м/с² (1,92 км/ч/с) [2].

Тяговые трансформаторы каждой секции имеют мощность 5400 кВ·А и являются одними из самых мощных среди используемых на моторвагонном подвижном составе. В них применены разработанные для электропоезда WIN 350 алюминиевые обмотки, что позволило значительно снизить массу трансформаторов. Для уменьшения габаритов тяговых двигателей напряжение на вторичных обмотках трансформаторов принято равным 1100 В.

Преобразователи тягового привода выполнены на базе запираемых (GTO) тиристорov, рассчитанных на напряжение 4,5 кВ и ток 4 кА, с широтно-импульсным регулированием питания трехфазных асинхронных тяговых двигателей (рис. 4). Каждый модуль главного преобразователя управляет четырьмя двигателями. Структура преобразователя делится на две части: основной блок, содержащий GTO-элементы, систему охлаждения и выключатели цепи, и управляющий блок. Номинальное напряжение промежуточного звена постоянного тока принято равным 2,5 кВ. За счет благоприятных характеристик GTO-ти-

ристорov стало возможным применить компактные охлаждающие устройства.

В целях снижения массы моторных вагонов элементы подвески тяговых двигателей изготовлены из алюминиевых сплавов. Для уменьшения электрокоррозии применена керамическая изоляция буксовых токоотводящих узлов.

Конструкция токоприемников телескопического типа (рис. 5) была отработана в ходе многолетних экспериментов. Исследования взаимодействия телескопической штанги и крыловидного токосъемного полоза с воздушным потоком проводились в аэродина-

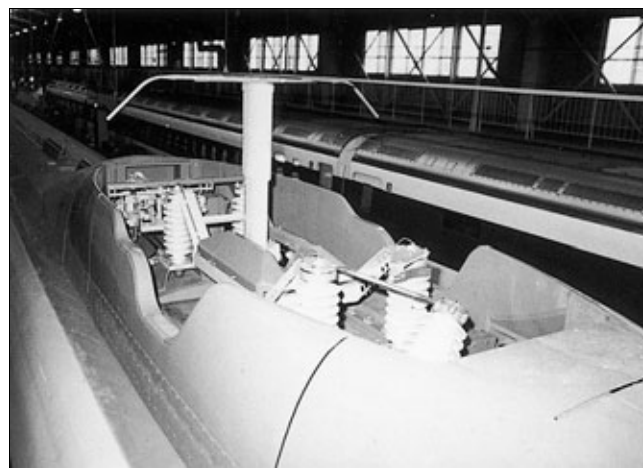


Рис. 5. Телескопический токоприемник поезда серии 500

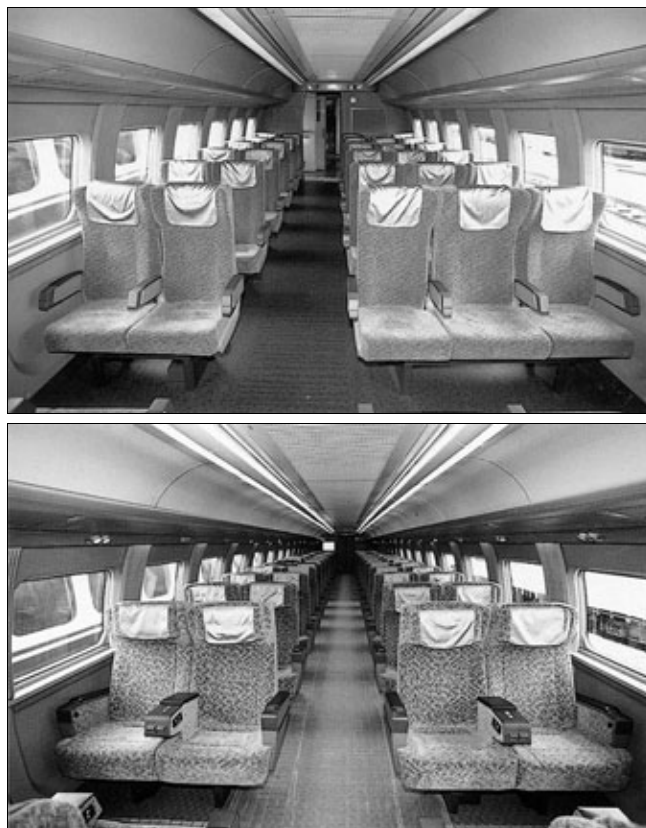


Рис. 6. Интерьер вагонов второго (вверху) и первого (внизу) класса поезда серии 500

мических трубах, на специально оборудованных гоночных автомобилях и на опытном поезде WIN 350. Передачу на поезд всей необходимой электроэнергии обеспечивают два токоприемника, установленные в обтекателях на пятом и 13 вагонах.

Поскольку все оси поезда обмоторены, высокая тормозная эффективность обеспечивается электродинамическим торможением, в том числе рекуперативным. Вместе с тем, так же, как и на поезде серии 300, имеется и электропневматический тормоз. При расчетном коэффициенте сцепления развиваемое электродинамическим тормозом усилие при торможении со скорости 320 км/ч обеспечивает начальное замедление $0,31 \text{ м/с}^2$ ($1,12 \text{ км/ч/с}$). Тормозные диски пневматического фрикционного тормоза установлены непосредственно на колесах. В режиме обычной эксплуатации пневматический тормоз не используется, но он может быть применен при экстренном торможении.

Тормоза управляются автоматической системой, которая во избежание проскальзывания предусматривает снижение тормозной силы первого вагона на 20 %, второго — на 10 % при пропорциональном увеличении тормозного усилия остальных 14 вагонов 16-вагонного поезда.

В вагонах поездов серии 500 принята открытая компоновка салонов, обычная для японских высо-

коскоростных поездов (рис. 6). Общее число мест для сидения в поезде (1324) практически такое же, как и в поездах предыдущих серий.

Первый предсерийный поезд был изготовлен в 1996 г. В марте 1997 г. поезда серии 500 начали поездки с пассажирами по маршруту Осака — Хаката линии Санъё со скоростью до 300 км/ч, а в ноябре того же года открылось прямое сообщение Токио — Хаката по линиям Токайдо и Санъё Синкансен.

Поезд серии 700

Как отмечено выше, практически одновременно с реализацией проекта поезда серии 500 создавался поезд, первоначально имевший серийное обозначение 300 N, впоследствии измененное на 700 (рис. 7). Этот поезд разрабатывали совместно компании JR Central и JR West, и можно сказать, что в определенном смысле он явился компромиссом между высокими технико-эксплуатационными характеристиками и приемлемой ценой. Заказчики и разработчики пошли на снижение конструкционной скорости поезда до 300 км/ч (против 320 км/ч у поезда серии 500), установив максимальную эксплуатационную скорость 285 км/ч. В новом поезде по сравнению с поездом серии 500 уменьшено число обмоторенных осей — в 16-вагонном варианте поезд формируется из 12 моторных и четырех прицепных вагонов, т. е. поезд серии 700 состоит из четырех секций, в каждую из которых входят три моторных вагона и один прицепной. Очень важно, что стоимость поезда серии 700 осталась практически такой же, как и серии 300.

Кузова вагонов поезда сварены из длинномерных объемных экструдированных панелей типа double skin (англ. «двойная оболочка») из алюминиевых сплавов. Характерной особенностью этих панелей, обладающих большой жесткостью, являются диагональные внутренние ребра жесткости между тонкими листами оболочки, пространство между которыми заполняется шумо- и виброизолирующей мастикой. Кроме того, использование таких панелей, оказавшихся весьма подходящим конструкционным материалом для вагоностроения, значительно сокращает объем ручного труда при сборке кузовов. Между несущими панелями кузова и элементами внутренней обшивки также закладывается пенная звуко- и теплоизолирующая масса. По мнению японских специалистов, конструкция кузовов вагонов поездов серии 700 при высоких технико-эксплуатационных показателях и в настоящее время является одной из самых технологичных и дешевых.

Подкузовное пространство вагонов закрыто обтекателями, кожухи прикрывают также первые (крайние) тележки концевых вагонов. Обтекатели носовых частей концевых вагонов длиной 9,2 м имеют

сложную конфигурацию, определенную в результате длительных экспериментов, компьютерного моделирования и окончательно проверенную на опытном поезде 300 X. Наличие обтекателей такой формы в значительной мере предотвращает появление турбулентности воздушного потока вдоль как головного, так и хвостового вагонов. Найденная форма носовой части снижает влияние головного вагона, возникающее при определенном сочетании направления и скорости ветра, а также скорости движения поезда. Девятиметровый носовой обтекатель значительно улучшил условия прохождения поездом порталов тоннелей, сглаживая нарастание давления воздушной волны.

Улучшение качества отделки наружной поверхности кузовов вагонов, уменьшение зазоров в стыках оконных рам и обшивки кузовов и другие мероприятия по улучшению аэродинамики позволили уменьшить примерно на 15 % сопротивление движению при установившейся скорости порядка 250 км/ч. Как показали исследования, это привело к сокращению на 10 % потребления электроэнергии поездами серии 700 на линии Токайдо в сравнении с поездами серии 300 при том же графике движения [3].

В поездах серии 700 используются тележки с рамой Н-образной формы без концевых брусьев и подрессорных балок. Колесная база тележки равна

2500 мм, диаметр колес 860 мм. В первой ступени рессорного подвешивания применены буксы-балансиры с цилиндрическими пружинами и гидравлическими гасителями колебаний. Центральное пневматическое рессорное подвешивание вагонов поезда серии 700 имеет нелинейную характеристику.

Полуактивная система гашения поперечных колебаний центральной ступени рессорного подвешивания не требует значительного расхода энергии для своего функционирования и обеспечивает необходимый уровень комфорта. Принцип ее действия заключается в том, что амортизирующие характеристики гидравлического гасителя колебаний, соединяющего раму тележки и кузов вагона в поперечном направлении, постоянно изменяются в зависимости от конкретных условий движения, состояния пути, направления и скорости ветра и т. п. под воздействием сигналов, подаваемых микропроцессорным управляющим устройством. Для уменьшения продольных и поперечных колебаний вагонов на каждом конце кузовов смежных вагонов установлены по два продольных и одному вертикальному межвагонному гидравлическому демпферу.

Улучшение конструкции фрикционного дискового пневматического тормоза, применение тормозных накладок и дисков из новых композитных материалов и более широкое использование электродинами-



Рис. 7. Поезд серии 700

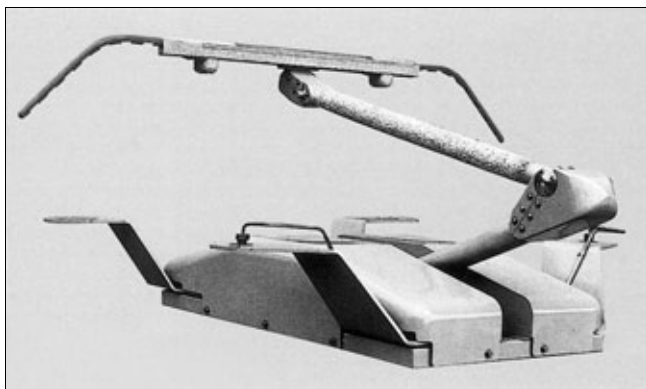


Рис. 8. Токосприемник поезда серии 700

ческого торможения позволили увеличить интервал между очередными заменами накладок с 400 тыс. км пробега, как у поездов серии 300, до 1 млн. км.

Суммарная продолжительная мощность асинхронных тяговых двигателей поезда серии 700 составляет $275 \times 48 = 13\,200$ кВт. В тяговых преобразователях использованы биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) с тактовой частотой управления 1000–2000 Гц, что позволило уменьшить массу электрооборудования и снизить шум, излучаемый при работе преобразователей. Частота их переключения повышена с 420 Гц, как у поездов серии 300, до 1 кГц.

На пятом и 12-м вагонах поезда установлены два маломощных одноштанговых токосприемника нового типа (рис. 8), закрытых обтекателями сложной конфигурации.



Рис. 9. Интерьер салона первого класса поезда серии 700

Компоновка пассажирских салонов поезда открытая. Общее число мест для сидения (1323) и их распределение по классам — в первом (green) классе 200 мест (рис. 9), во втором классе 1123 места — в поезде серии 700 практически то же, что в поездах серии 500 и предыдущих серий.

Первые 17 поездов серии 700, заказанные компанией JR Central, введены в эксплуатацию в марте 1999 г. на маршруте Токио — Хаката линий Токайдо (с максимальной скоростью 270 км/ч) и Санъё (285 км/ч). Это были 16-вагонные поезда модификации С. По получении четырех поездов были организованы ежедневные рейсы категории Nozomi, после ввода в эксплуатацию остальных 13 поездов в конце 2000 г. — дополнительные сообщения категории Hikari.

В декабре 1999 г. по заказу компании JR West были изготовлены поезда серии 700 модификации Е (или подсерии 7000). Они представляли собой восьмивагонные (в половину стандартного) поезда и предназначались для фирменных сообщений категории Hikari Rail Star, введенных с 11 марта 2000 г. на маршруте Осака — Хаката.

Принципиальных отличий в конструкции этих поездов от обычных 16-вагонных нет. На каждой из двух четырехвагонных секций установлен свой токосприемник, но в режиме нормальной эксплуатации используется только один. Отличительной особенностью является установка на концевых вагонах автоматических сцепных устройств, закрытых раздвижными кожухами-обтекателями с управлением из кабины машиниста. Это позволяет в эксплуатации быстро соединять два восьмивагонных поезда в один поезд стандартной длины с последующим управлением по системе многих единиц из передней кабины.

По заказу той же компании поставляются и 16-вагонные поезда серии 700 модификации В (или подсерии 3000). Их основные характеристики такие же, как у модификации С, но под вагоны подкатываются тележки поездов серии 500. Поезда этой модификации предназначены для обслуживания маршрута Токио — Хаката.

Всего в 1999–2002 гг. выпущено 904 вагона (64 поезда) серии 700.

Перспективные высокоскоростные поезда

В настоящее время все железнодорожные компании Японии, эксплуатирующие высокоскоростные линии, ведут разработку перспективного электроподвижного состава.

Так, компании JR Central и JR West совместно создают поезд, получивший предварительное обозначение N700. Он создается на базе технических решений, хорошо зарекомендовавших себя в поездах

серии 700. Главным техническим новшеством станет использование системы принудительного наклона кузовов вагонов в кривых, что позволит повысить скорость движения в кривых радиусом 2500 м на линии Токайдо Синкансен до 270 – 300 км/ч. Повышена также удельная мощность поезда — из 16 его вагонов 14 будут моторными (в поезде серии 700 — 12 моторных). Опытный поезд N700 планировали представить к испытаниям в 2005 г.

Компания JR East тоже разрабатывает перспективные поезда, которые планирует ввести в коммерческую эксплуатацию начиная с 2011 г.

Создаются два близких по основным техническим параметрам поезда: Fastech 360S и Fastech 360Z. В названии поездов использованы английские слова fast («быстрый») и technology («технология»); индекс S означает, что поезд рассчитан на габарит линий сети Синкансен, индекс Z — на габарит линий обычных железных дорог колеи 1067 мм и сети мини-Синкансен.

Проектом этих поездов предусмотрена конструкционная скорость 405 км/ч, а максимальная эксплуатационная на высокоскоростных линиях — 360 км/ч (она будет самой большой в мире).

Опытный восьмивагонный поезд Fastech 360S (обозначение опытного состава E954) передан на испытания 25 июня 2005 г., начать испытания опытного шестивагонного поезда Fastech 360Z (E955) планируется в 2006 г.

В конструкции поездов принято немало интересных технических решений, но, безусловно, одно из самых экстравагантных — попытка применения аэродинамического торможения. Аэродинамический тормоз представляет собой конструкцию в виде выдвинутых щитков-спойлеров, искусственно ухудшающих (в случае необходимости) аэродинамические характеристики поезда за счет повышения сопротивления воздуха и тем самым создающих дополнительное тормозное усилие. Такой тормоз эффективен при движении со скоростью более 200 км/ч. В прессе сообщалось, что стремление к дальнейшему совершенствованию тормозных систем высокоскоростных поездов вызвано желанием уменьшить возможные негативные последствия аварий при землетрясениях.

Сопоставление основных параметров высокоскоростных поездов Японии и Европы

Как известно, до середины 1990-х годов при создании высокоскоростного подвижного состава четко прослеживались два направления, одно из которых условно можно назвать японским, так как в этой стране все высокоскоростные поезда строятся по моторвагонной схеме (т. е. с распределенной тягой), а

другое европейским, поскольку на этом континенте большинство высокоскоростных поездов строится с концевыми моторными вагонами без мест для пассажиров (в сущности, теми же локомотивами), т. е. с сосредоточенной тягой.

Некоторым исключением из европейской тенденции являются электропоезда семейства Pendolino железных дорог Италии, но они занимают промежуточное положение между скоростным и высокоскоростным подвижным составом.

С 1962 по 2003 гг. в Японии были созданы высокоскоростные поезда около 30 типов, в Европе — около 20. Из европейских поездов 15 выпускались или выпускаются серийно, остальные были опытными. Из 15 серийных поездов 11 выполнены с сосредоточенной тягой, четыре поезда семейства Pendolino — с распределенной. Следует отметить, что об основных компаниях — изготовителях подвижного состава для железных дорог Европы вряд ли можно говорить как о чисто европейских, поскольку такие конгломераты, как Alstom, Bombardier и Siemens, являются скорее транснациональными.

В то же время в середине 1990-х годов и ведущие европейские компании, разрабатывая перспективные модели высокоскоростного подвижного состава, начали склоняться в пользу распределенной тяги. Так, в Германии компания Siemens в 1998 г. приступила к выпуску электропоездов серии ICE3, компания Alstom создала прототип высокоскоростного электропоезда AGV, оба — с распределенной тягой.

Несмотря на то что полемика о преимуществах и недостатках локомотивной и моторвагонной концепции еще продолжается, можно констатировать, что в целом чаша весов склоняется в пользу последней, хотя необходимо отметить, что при выборе вида тяги для конкретного высокоскоростного сообщения необходимо провести скрупулезный технико-экономический анализ, поскольку разница в показателях эффективности той или иной системы весьма невелика.

Тем не менее успехи в области создания тягового привода на основе силовых полупроводниковых элементов последнего поколения, значительно повысивших надежность преобразовательной техники, видимо, лишают сторонников сосредоточенной тяги одного из самых сильных аргументов. До недавнего времени считалось, что обслуживание оборудования, распределенного по всему поезду и расположенного в подкузовном пространстве, относительно более трудоемко. Но в последних высокоскоростных поездах — японских серий 300, 500 и 700, немецких серии ICE3 — это оборудование в блочно-модульном исполнении практически перешло в разряд малообслуживаемого.

Таким образом, можно признать, что моторвагонная концепция, признанная ранее в Японии, с некоторыми оговорками стала доминирующей в ми-

ровом масштабе. Несколько особняком стоят поезда семейства Talgo железных дорог Испании, даже в последних разработках которых, рассчитанных на конструкционную скорость 350 км/ч, принята сосредоточенная тяга. Видимо, это объясняется необходимостью применения оригинальных одноосных тележек, с помощью которых в перспективе планируется создать подвижной состав, пригодный к эксплуатации на линиях разной колеи.

Одной из основных характеристик подвижного состава является его конструкционная скорость. Именно ее величина, а также сумма капитальных вложений и приведенные эксплуатационные затраты, необходимые для обеспечения безопасной эксплуатации при данной скорости, в конечном счете определяют конкурентоспособность высокоскоростных железнодорожных сообщений по отношению к воздушному и автомобильному транспорту. За прошедшие годы конструкционная скорость высокоскоростных поездов увеличилась с 230 км/ч в 1964 г. до 350 км/ч в 2000 г. (таблица).

Выбор конструкционной скорости является результатом сложных технико-экономических расчетов, учитывающих капитальные вложения в строительство новой или реконструкцию имеющейся инфраструктуры (стационарных устройств), разработку и изготовление подвижного состава, эксплуатационные расходы (на содержание как инфраструктуры, так и подвижного состава), а также социально-экономическую востребованность той или иной скорости на рынке пассажирских транспортных услуг, причем в конкретном транспортном коридоре.

Можно считать установленным, что в настоящее время в диапазоне дальности поездок 400 – 800 км конструкционная скорость поездов 300 – 350 км/ч является оптимальной и создает условия для конкурентоспособного положения высокоскоростных железных дорог на рынке транспортных услуг. Несмотря

на то что в опытной поездке была достигнута рекордная скорость 515,3 км/ч и есть техническая возможность эксплуатации поездов при движении со скоростью около 400 км/ч, выявлено, что экономические показатели высокоскоростных железнодорожных сообщений при такой скорости ухудшаются, поскольку резко возрастают капитальные затраты и эксплуатационные расходы, при том что на маршруте протяженностью 500 – 600 км экономия времени в пути составляет всего несколько минут. По сообщениям печати, эти обстоятельства заставили пересмотреть параметры сооружаемой во Франции высокоскоростной линии TGV Est Париж – Страсбург (первая очередь длиной 400 км), где принятая исходным проектом максимальная скорость движения поездов 350 км/ч снижена до 300 км/ч, и при этом расходы на строительство линии, по разным оценкам, должны сократиться примерно на 15 – 20 % против первоначальной сметы.

В настоящее время самая высокая максимальная скорость движения поездов (350 км/ч) заложена в проекте строящейся линии Мадрид – Барселона (Испания), первый участок которой от Мадрида до Лериды был открыт осенью 2003 г. Для использования на ней предназначена последняя модификация немецкого поезда серии ICE3, имеющая конструкционную скорость 350 км/ч. Ранее построенные во Франции, Германии и Испании высокоскоростные линии, рассчитанные на максимальную скорость 280 – 300 км/ч, по оценкам экспертов, не менее чем на два-три предстоящих десятилетия сохраняют свои высокие конкурентные позиции на рынке транспортных услуг.

Опыт крупнейших мировых компаний – изготовителей высокоскоростного подвижного состава показывает, что улучшение технико-эксплуатационных характеристик поездов за счет повышения конструкционной скорости, снижения удельной массы, увеличения энерговооруженности и др. не является самоцелью, а связано с достижением конечной цели – повышения социально-экономической эффективности перевозок – и стремлением упрочить позиции железных дорог в конкурентной борьбе с воздушным и отчасти автомобильным транспортом.

Такой технический показатель, как максимальная осевая нагрузка, у французских высокоскоростных поездов семейства TGV разных модификаций, равная примерно 17 т, не изменялся на протяжении почти 20 лет. Можно сказать, что этого не требовалось, исходя из значительного запаса ряда прочностных и других параметров построенных специализированных линий, на которых скорость движения поездов была постепенно доведена до 300 км/ч.

В то же время на железных дорогах Японии этот запас прочности был, образно говоря, исчерпан к середине 1980-х годов, что и побудило к улучшению

Конструкционная скорость некоторых серийных электропоездов

Год создания	Страна	Серийное обозначение	Конструкционная скорость, км/ч
1964	Япония	0	230
1978	Франция	TGV PSE	270
1984	Япония	100	270
1989	Франция	TGVA	300
1989	Япония	300	285
1990	Германия	ICE1	280
1995	Япония	500	320
1997	Япония	700	285
1998	Германия	ICE3	330
2000	Германия	ICE3 (для Испании)	350

технично-эксплуатационных параметров новых поездов. Введенные в 1964 и 1972 гг. высокоскоростные линии Токайдо и Санъё проектировались для движения поездов с максимальной скоростью 230 и 250 км/ч соответственно. Однако к началу 1980-х годов эти значения скорости оказались уже недостаточными для поддержания должного уровня конкурентоспособности высокоскоростных поездов по отношению к самолетам. Возникла необходимость создания подвижного состава, который при том же или более высоком уровне безопасности и комфорта оказывал бы меньшее воздействие на путь, производил меньший шум и позволял бы на существующей инфраструктуре повысить максимальную скорость движения. Именно из этих установок, как следует из опубликованных сведений, исходили разработчики опытных поездов STAR 21, WIN 350, 300X и серийных 300, 500 и 700.

Благодаря созданию нового подвижного состава, а также проведению определенного технического усиления инфраструктуры высокоскоростных линий без изменения их основополагающих параметров, таких, как минимальный радиус кривых, положение трассы на местности и ряд других, скорость движения поездов на первой в Японии специализированной линии Токайдо была доведена до 270 км/ч, а на линии Санъё — до 300 км/ч.

Относительно конструктивных особенностей механической части высокоскоростных поездов можно указать, что в настоящее время используются или независимые вагоны на индивидуальных тележках (таковы все японские, итальянские и немецкие поезда), или сочлененные на промежуточных тележках (поезда семейств TGV и Talgo).

Мировой опыт показывает, что в высокоскоростном движении предпочтение отдается использованию вагонов на индивидуальных тележках. Начиная с 1964 г. таких вагонов в общей сложности изготовлено около 10,5 тыс. ед. (7,8 тыс. в Японии, 1,7 тыс. в Германии, около 1000 в Италии), в то время как сочлененных вагонов семейства TGV всех модификаций — примерно 3,5 тыс. ед.

В поездах с распределенной тягой происходили изменения соотношения числа моторных и прицепных вагонов (рис. 10). В первых японских высокоскоростных поездах серии 0 все вагоны были моторными, в поездах серии 100 обмоторенными были 75 % осей, в поездах серии 300 — 62,5 %. В наиболее мощных японских поездах серии 500 (1995 г.) этот показатель вновь достиг 100 %, а в поездах серии 700 (1997 г.) снизился до 75 %. В немецких поездах серии ICE3 принято равное число обмоторенных и поддерживающих осей.

Характер распределения тяговых средств по поезду необходимо рассматривать во взаимосвязи с общей и удельной тяговой мощностью поезда.

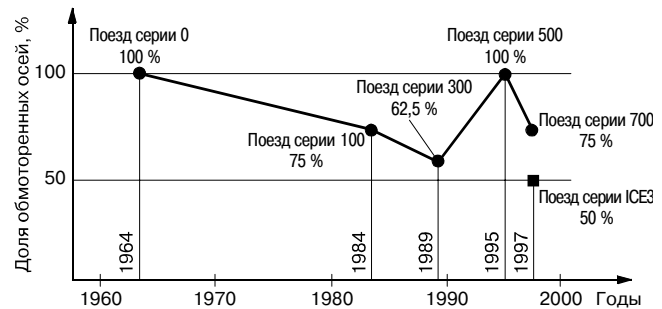


Рис. 10. Доля обмоторенных осей в высокоскоростных поездах

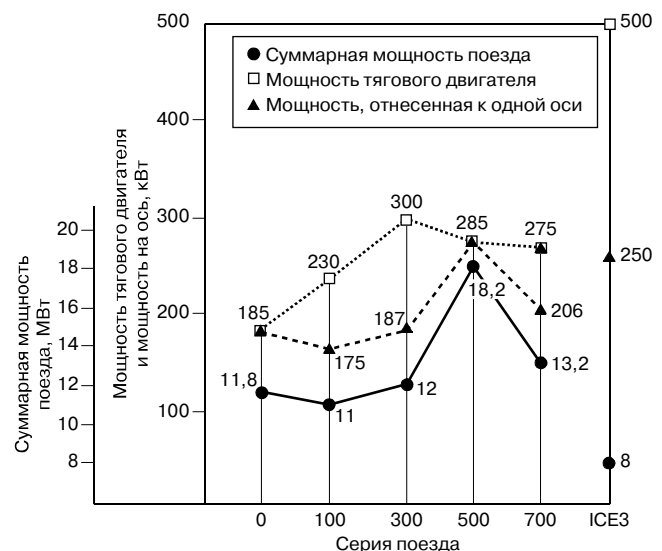


Рис. 11. Мощностные показатели высокоскоростных поездов

Самыми мощными из всех высокоскоростных поездов являются японские серии 500, имеющие конструкционную скорость 320 км/ч. Суммарная мощность тяговых двигателей поезда равна 18 240 кВт, мощность, приведенная к одной оси, также самая большая — 285 кВт (рис. 11).

Удельная мощность тягового привода, приходящаяся на единицу массы тары, влияет на скоростные характеристики поезда, особенно на величину его ускорения при разгоне. Удельная мощность, приходящаяся на одно пассажирское место, говорит об экономичности тягового привода (рис. 12).

Максимальная осевая нагрузка европейских высокоскоростных поездов со временем практически не изменилась. У поездов семейства TGV (с сосредоточенной тягой) всех модификаций она остается равной 17 т, кроме самых первых TGV PSE, осевая нагрузка которых около 16 т.

У немецких поездов серий ICE1 и ICE2 (с сосредоточенной тягой) максимальная осевая нагрузка составляет 19 т, и только при переходе к поездам серии ICE3 (с распределенной тягой) она была уменьшена до 16 (односистемная модификация) и 17 (многосистемная модификация) т. В то же время у японских поездов этот показатель существенно сни-

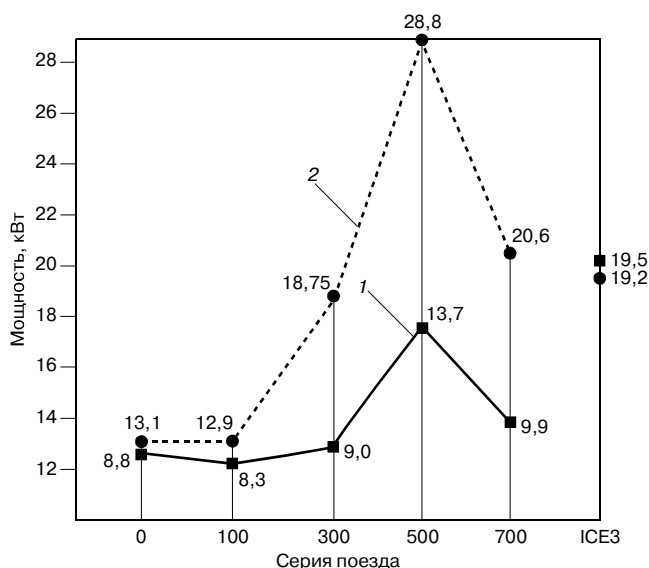


Рис. 12. Удельная мощность высокоскоростных поездов, кВт:
1 — на одно место; 2 — на 1 т массы тары

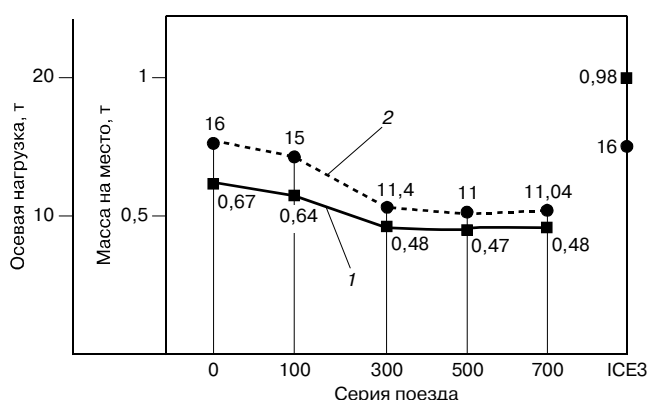


Рис. 13. Удельная масса высокоскоростных поездов:
1 — на одну ось; 2 — на одно место

зился (рис. 13) — с 16 т у поездов серии 0 (1964 г.) до 11 т у поездов серии 500 (1995 г.). У опытного японского поезда STAR 21 была достигнута наименьшая из известных для высокоскоростных поездов осевых нагрузок, равная 8,4 т.

Важным показателем является также удельная масса тары поезда, приходящаяся на одно пассажирское место. У лучших японских поездов она равна 0,47 т, у немецких серии ICE3 — 0,98 т (односистемный переменного тока) и 1,07 т (многосистемный).

В основе столь благоприятных показателей удельной массы японских поездов лежат по меньшей мере два фактора. Большой габарит позволяет при наружной ширине кузовов вагонов 3380 мм достаточно просторно разместить в салонах второго класса по пять кресел в каждом ряду. В европейских же высо-

коскоростных поездах в ряд устанавливается не более четырех кресел при ширине кузовов вагонов, варьирующейся от 2814 мм (поезда семейства TGV, Франция) до 3080 мм (поезда семейства ICE, Германия). На каждый метр длины высокоскоростного поезда (из одноэтажных вагонов) в Японии приходится 3,3 места (практически одна и та же величина для поездов серий 0, 100, 300, 500, 700). Лучший показатель среди европейских поездов имеют немецкие серии ICE3 — 1,9 места на метр. У японских высокоскоростных поездов серии E4, состоящих только из двухэтажных вагонов, на каждый метр длины приходится четыре пассажирских места.

Вторым фактором, определяющим преимущества японских высокоскоростных поездов перед европейскими в параметрах удельной массы и осевой нагрузки, является более прогрессивный подход в проектировании и технологическом исполнении большинства узлов и деталей вагонов. Эти инновации затронули буквально все компоненты конструкции — от кузова, тележек и электрооборудования тягового привода до кресел и элементов декоративной отделки салонов.

Однако оказалось, что в стремлении к улучшению показателей удельной массы и удельной мощности высокоскоростного подвижного состава разработчики поезда серии 500 перешли некий предел, определяющий оптимальное сочетание цены и качества. Так, 16-вагонный поезд серии 500 стоил в 2002 г. 5 млрд. иен (около 41 млн. дол. США), а поезд серии 700 из такого же числа вагонов — 4 млрд. иен (около 33 млн. дол.), в результате чего при всех своих достоинствах поезд серии 500 оказался слишком дорогим для потребителей. К концу 2002 г. было закуплено 64 поезда серии 700 и только девять поездов серии 500 [1].

Данная статья завершает серию публикаций (см. «Железные дороги мира», 2005, № 7 и 8), которые являются выдержками из монографии И. П. Киселёва «Развитие подвижного состава высокоскоростных железных дорог», планируемой автором к изданию в 2006 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Характеристики поездов серий поездов серий 500 и 700. <http://www.h2.dion.ne.jp/~dajf/byunbyun/types/700.htm>
2. Высокоскоростной поезд серии 500 // Железные дороги мира. 2000. № 5. С. 31.
3. Japanese Railway Engineering. 1999, № 142, P. 29 – 34.

В статье использованы фотографии автора и из материалов Japan Rolling Stock Exporters' association, Hitachi, Japan Railways Group.