

# Дальнейшее повышение скорости движения поездов на JR East

В июне 2009 г. железнодорожная компания JR East (Япония) организовала презентацию предсерийного электропоезда серии E5, рассчитанного на эксплуатацию со скоростью до 320 км/ч. Проект поезда был разработан отчасти на основе экспериментов с двумя опытными электропоездами типа Fastech. Ввод поездов E5 в регулярное обращение намечен на весну 2011 г.

## JR East — актуальные задачи

Сеть высокоскоростных сообщений Синкансен, обслуживаемых компанией JR East (East Japan Railway), связывает столицу Японии Токио с находящимися к северу от нее городами и регионами и состоит из пяти линий: Акита (Мориока — Акита), Нагано (Такасаки — Нагано), Дзёэцу (Токио — Ниигата), Тохоку (Токио — Сендай — Хатинохе) и Ямагата (Фукусима — Синдзё). Ведутся работы по продолжению линии Тохоку от Хатинохе далее на север до Аомори, завершение которых намечено на декабрь 2010 г.;

затем эта линия будет продлена до Хакодате на о. Хоккайдо с открытием в марте 2016 г. Строится также новая высокоскоростная линия Хокурику Нагано — Тояма — Канадзава, которая должна быть готова к марту 2015 г., но эта линия будет находиться в ведении JR East только до Дзёэцу, а дальше ответственность за ее эксплуатацию возьмет на себя компания JR West.

По мере расширения сети сообщений и удлинения маршрутов обостряется проблема повышения качества обслуживания пассажиров, в первую очередь с точки зрения продолжительности поездок.

Для этого за счет использования современных технологий предпринимаются меры по увеличению максимальной скорости движения поездов в регулярной эксплуатации до 360 км/ч, что еще более укрепит конкурентоспособность высокоскоростных железнодорожных сообщений по отношению к воздушному транспорту. Естественно, ускорение движения поездов достигается без ущерба для безопасности, надежности, комфорта для пассажиров и дружелюбности к окружающей среде.

В апреле 2002 г. JR East приступила к реализации программы повышения скорости движения поездов, которая, помимо усиления инфраструктуры, предусматривала создание двух опытных электропоездов: Fastech 360S и Fastech 360Z, первый из которых должен был стать конструктивной основой для высокоскоростных поездов следующего поколения, предназначенных для обращения на линиях сети Синкансен, а второй — для поездов, рассчитанных на обращение на линиях не только сети Синкансен нормальной (1435 мм) колеи, но и сети Мيني-Синкансен, которые образуются путем перешивки действующих линий железных дорог Японии с узкой (1067 мм) колеи на нормальную. Поезда были построены совместно компаниями Hitachi и Kawasaki Heavy Industries.



Рис. 1. Опытный электропоезд Fastech 360S



Рис. 2. Электропоезд Fastech 360S с выдвинутыми тормозными щитками (видны различия в очертаниях лобовых частей противоположных концов поезда)

Для проверки ходовых характеристик этих поездов и изучения их взаимодействия с инфраструктурой в июне 2005 г. начались испытания в условиях, аналогичных имеющим место в регулярной эксплуатации.

Испытания с высокой скоростью сначала проводились на участке Сендай — Китаками линии Тохoku Синкансен. Затем оба поезда испытывались на участке Мориока — Хатинохе той же линии, а поезд Fastech 360Z, кроме того, на участке Мориока — Акита линии Акита Мини-Синкансен. В ходе испытаний исследовали плавность хода, аэродинамические характеристики (особенно при входе в тоннели и проследовании мимо посадочных платформ на станциях), усталостную прочность, работу отдельных узлов (например, сцепных устройств) и воздействие на окружающую среду (в частности, шумовое).

## Опытные поезда

При создании опытных электропоездов Fastech 360 преследовали следующие цели: получить поезда, рассчитанные на движение со скоростью до 360 км/ч, и использовать их в качестве конструктивной платформы для изучения разнообразных явлений, имеющих место при высокоскоростном движении, чтобы затем реализовать высокий уровень комфорта для пассажиров.

Восьмивагонный электропоезд Fastech 360S (рис. 1 и 2) получил официальное обозначение E954. Он сформирован из двух концевых прицепных вагонов с кабинами управления и шести промежуточных моторных вагонов. Концевые вагоны имеют обтекаемые лобовые части длиной 16 м для смягчения волн микродавления при входе в тоннели, причем эти лобовые части противоположных концов поезда выполнены с разными очертаниями, чтобы сравнить эффективность двух решений. Дополнительным (и уникальным для японских электропоездов)

оборудованием поезда являются выдвигающиеся из крыш вагонов поперечные щитки, выполняющие функции дополнительного аэродинамического тормоза при экстренном торможении (например, в случае землетрясения), и система подачи керамических частиц под колеса обмоточных колесных пар для увеличения коэффициента сцепления. В целях проверки разных технических решений три пары моторных вагонов оснащены тяговым приводом трех различных типов. Для улучшения ходовых характеристик при движении в кривых все вагоны имеют систему наклона кузовов с пневматическими баллонами, обеспечивающую наклон на максимальный угол 2 град.

Шестивагонный электропоезд Fastech 360Z получил официальное обозначение E955. У этого поезда поперечные очертания кузовов вагонов изменены так, чтобы соответствовать габаритным ограничениям линий сети Мини-Синкансен. Все тележки поезда являются моторными, кроме двух крайних в концевых вагонах. В остальном оснащение поезда такое же, как поезда Fastech 360S.

Это относится, в частности, к колесной базе тележек, которая у обоих поездов равна 2500 мм по сравнению с 2250 мм у поездов серии E3, которые в настоящее время используются в сообщении Komachi по маршруту Токио — Мориока — Акита, проходящему по линиям Тохoku Синкансен и Акита Мини-Синкансен. В то же время для снижения уровня поперечных сил при прохождении кривых малого радиуса, характерных для линий сети Мини-Синкансен, тележки поезда Fastech 360Z оснащены гасителями колебаний виляния с регулируемым усилием демпфирования. Дополнительное улучшение ходовых характеристик поезда Fastech 360Z в кривых обеспечивается оптимизацией жесткости продольных связей в обеих ступенях рессорного подвешивания.

## Технические инновации

В ходе испытаний обнаружилось, что существенная доля излучаемого при движении поездов с высокой скоростью шума приходится на токосъем. Для устранения этого недостатка специалисты JR East разработали систему токосъема с одним токоприемником на поезд вместо минимум двух на поездах предыдущих разработок. Создана также видоизмененная конструкция однорычажного низкошумного токоприемника с широким ползком, снабженным разрезными контактными вставками, состоящими из нескольких подпружиненных пластин, что обеспечивает непрерывность токосъема при изменении местоположения контактного провода.

В тяговом электрооборудовании поездов Fastech 360 применены разные варианты сочетания мощных, компактных и легких компонентов, различающиеся между собой, в частности, типом тяговых двигателей и устройством системы охлаждения. Например, используются как асинхронные, так и синхронные (с возбуждением от постоянных магнитов) тяговые двигатели. В то же время все системы и компоненты поездов удовлетворяют требованиям действующих стандартов в отношении их технических характеристик, и в процессе испытаний основное внимание уделялось таким показателям, как срок службы, ремонтпригодность и стоимость жизненного цикла.

Поезда оснащены сложной бортовой системой управления, контроля и технической диагностики. Благодаря этому, в частности, обеспечивается максимальное сцепление в высокоскоростном диапазоне, а при возникновении боксования или проскальзывания осуществляется оперативное индивидуальное (поосное) регулирование прикладываемого в данных случаях тормозного усилия или крутящего момента.

### Механическая часть

Для восприятия повышенных динамических нагрузок на механическую часть поездов при движении с высокой скоростью специалисты JR East разработали усовершенствованную конструкцию рам тележек и колесных пар, используя при этом результаты испытаний опытного поезда STAR21, в ходе которых в 1993 г. была достигнута скорость 425 км/ч. В целях соответствия более тяжелым условиям эксплуатации были созданы и другие компоненты механической части: новые буксовые подшипники, тяговые редукторы и узлы тормозной передачи. Шевронные зубчатые колеса и шестерни, примененные в тяговых редукторах, в противоположность ранее применявшимся косозубым не создают осевых сил при передаче крутящего момента, что уменьшает нагрузку на подшипники и снижает уровень шума.

Перед тем как приступить к постройке поездов Fastech 360, были проведены ресурсные испытания опытных тележек с накоплением пробега в 600 тыс. км для подтверждения достаточной надежности их узлов. Была также разработана система мониторинга состояния и режимов работы тележек при движении с высокой скоростью. Основными объектами контроля при этом являются уровень вибраций и температура буксовых подшипников и тяговой передачи.

К маю 2009 г. указанная величина пробега была достигнута, что позволило оценить качество разработки и изготовления механической части поездов, в том числе с точки зрения срока службы и ремонтпригодности.

### Безопасность

Благодаря проведению многочисленных опытных рейсов со скоростью до 400 км/ч удалось подтвердить отсутствие каких-либо

факторов, угрожающих безопасности движения поездов Fastech 360 при движении с высокой скоростью в обычных условиях эксплуатации. Поколесные нагрузки, поперечные силы и коэффициент сопротивления сходу с рельсов оказались в пределах допустимых значений.

Однако еще на начальном этапе работ по созданию поездов специалисты JR East и компаний-изготовителей, исходя из особенностей сейсмически активного региона, где планировалась их эксплуатация, придали особое значение вопросам обеспечения безопасности в случае землетрясения. По результатам изучения обстоятельства схода поезда с рельсов на линии Дзээнцу Синкансен во время сильного землетрясения в районе Ниигаты, происшедшего в 2004 г., было признано необходимым в максимальной мере сократить время, требующееся до полной остановки поезда путем усиления тормозной системы и ускорения процесса отключения тяги. Кроме того, на каждой тележке были смонтированы L-образные ограничители, которые предотвращают выход сошедшего с рельсов поезда за пределы своего пути (следует отметить, что данные узлы впоследствии установили на все высокоскоростные поезда, находящиеся в регулярной эксплуатации).

Чтобы еще в большей степени уменьшить дополнительные риски, имеющие место при движении поезда с высокой скоростью в условиях землетрясения, поезда Fastech 360 оснастили устройствами, увеличивающими аэродинамическое сопротивление, повышающими коэффициент сцепления и тем самым ускоряющими процесс торможения до полной остановки. Эти устройства, представляющие собой абсолютные инновации, позволяют поезду иметь тормозной путь 4000 м для остановки поезда с начальной скорости торможения 360 км/ч. При начальной скорости 340 км/ч тормозной путь такой же длины обес-

печивается без применения аэродинамических тормозов.

Еще одним фактором беспокойства являются сильные снегопады, случающиеся иногда на линиях сети Синкансен. Отложения снега, накапливающиеся в подкузовном пространстве вагонов, смерзаются и в виде ледяных глыб падают на путь, будучи способными при этом повредить различные компоненты механической части. Для ограничения отложения снега разработаны методы уменьшения прилипаемости снега к металлу. Дополнительным средством борьбы против таких отложений являются обогреватели направленного действия, получающие энергию от бортового электрооборудования. Изучали также целесообразность применения кожухов для защиты наиболее уязвимых компонентов от ударов кусков льда. В результате был сделан вывод, что наиболее эффективным средством являются нагреватели, и в настоящее время проводятся их испытания на надежность и срок службы.

Интересным новшеством, предназначенным для использования на линиях сети Мини-Синкансен, представляется применение напольного оборудования для омывания подкузовного пространства вагонов снизу струями горячей воды. Этот вопрос находится на стадии предварительного изучения.

### Инфраструктура

Перед вводом в обращение новых поездов, рассчитанных на движение с более высокой, чем у ныне эксплуатируемых, скоростью, было необходимо выяснить, нуждаются ли в специальной адаптации различные объекты инфраструктуры — путь, искусственные сооружения, контактная сеть. Оказалось, что необходимости в выполнении каких-либо широкомасштабных мероприятий нет. Вместе с тем результаты исследований показали, что следует увеличить силу на-

тяжения контактного провода и облегчить контактную подвеску в целях создания оптимальных условий для высокоскоростного токосъема.

Объектом определенного беспоконства стало повышение скорости ветра, создаваемого при безостановочном проследовании поездов с высокой скоростью мимо посадочных платформ. Были опасения, что это будет оказывать неблагоприятное воздействие на пассажиров, находящихся на платформах в ожидании поездов. Однако испытания показали, что такое воздействие лишь незначительно отличается от имеющегося место в нынешних условиях. Это достигнуто благодаря тщательному выверенным обтекаемым очертаниям лобовых частей и отсутствию каких-либо выступов на боковых поверхностях кузовов вагонов.

## Аспекты экологии

### Шум

Как уже отмечалось, снижение уровня шума, излучаемого при движении с высокой скоростью, было одной из основных задач, стоявших перед разработчиками поездов Fastech 360. По этой причине с самого начала специалисты JR East изучали пути решения этой задачи, уделив особое внимание идентификации и анализу источников шума.

Результаты исследований отразились в применении на опытных поездах разного рода новшеств, среди которых можно упомянуть низкошумные однорычажные токоприемники, шумозащитные экраны с обеих сторон токоприемников, обтекаемые укрытия межвагонных переходов, утопленные поручни возле лестниц для входа в кабины управления, путеочистители с конфигурацией, снижающей лобовое сопротивление потоку воздуха, спрятанные высоковольтные кабели, приоткрытые входные двери, в закрытом положении находящиеся заподлицо с боковыми стенками

кузовов, «юбки», закрывающие тележки и подкузовные пространства вагонов и имеющие изнутри шумопоглощающие покрытия.

Экраны по сторонам токоприемников у поезда Fastech 360Z при следовании по линиям сети Мини-Синкансен с пониженной скоростью могут убираться внутрь кузова во избежание выхода за предельные очертания габарита подвижного состава.

Протяженные участки линий сети Синкансен по сторонам пути оснащены шумозащитными стенками для поглощения шума и предотвращения его выхода в окружающую среду. С учетом повышения в перспективе скорости движения поездов конструкция верхних частей этих стенок была усовершенствована в целях улучшения шумопоглощающих характеристик и уменьшения проникновения наружу дифрагированных звуковых волн.

В результате всех этих мер оказалось возможным достичь для поездов Fastech 360 такого снижения уровня излучаемого шума, что он стал заметно ниже, чем у эксплуатируемых поездов серий E2 и E3, при движении с той же скоростью.

Однако при движении со скоростью 360 км/ч снижения уровня шума до имеющегося место при движении ныне эксплуатируемых поездов с меньшей скоростью пока обеспечить не удалось, особенно для поезда Fastech 360Z, в частности из-за характерного для него меньшего поперечного сечения кузовов вагонов. Поэтому перед вводом в регулярное обращение новых высокоскоростных поездов следует найти пути дальнейшего снижения уровня шума, в первую очередь излучаемого при токосъеме и при движении поездов по мостам, а также шума в низкочастотном диапазоне.

### Волны давления

При входе движущегося с высокой скоростью поезда в тоннель возникают волны давления возду-

ха, распространяющиеся со скоростью звука. Эти волны выходят из противоположного конца тоннеля, генерируя у портала тоннеля резкие воздушные хлопки, из-за которых иногда дребезжат стекла в окнах близстоящих зданий.

Испытания показали, что при движении со скоростью 360 км/ч снизить интенсивность таких хлопков до уровня, наблюдаемого в настоящее время, только за счет оптимизации конструкции подвижного состава оказалось невозможно, хотя поезда Fastech 360 испытывались с разными вариантами очертаний лобовых частей. Наиболее оптимальными в этом отношении оказались стреловидные лобовые части длиной 16 м для поезда Fastech 360S и 13 м для поезда Fastech 360Z.

Поэтому для снижения воздействия волн давления на окружающую среду признано необходимым принять меры по инфраструктуре. В качестве одной из таких мер рассматривается прикрытие входных порталов тоннелей своеобразными кожухами с воздухопускными каналами, которые для снижения стоимости можно изготавливать из облегченных панелей. Специалисты JR East уже приступили к проектированию таких кожухов.

## Комфорт для пассажиров

### Гашение вибраций и колебаний

Первой задачей в плане повышения уровня комфорта для пассажиров стало уменьшение горизонтальных и вертикальных вибраций при движении с высокой скоростью. Для этого понадобилось выполнить «настройку» различных компонентов механической части поездов и реализовать обширную программу испытаний. Кроме того, с самого начала была полностью пересмотрена концепция конструкции кузовов вагонов.

По результатам испытаний пневматический исполнительный



Рис. 3. Предсерийный электропоезд серии E5 на путях депо Сендай

механизм устройства для гашения колебаний кузова был заменен электромагнитным. Это улучшило «отзывчивость» устройства и позволило лучше контролировать силу, требующуюся для подавления горизонтальных вибраций. Благодаря принятым мерам удалось довести показатель плавности хода поездов Fastech 360 до уровня, превышающего аналогичный показатель поездов серии E2 при движении со скоростью 275 км/ч.

Для обеспечения оптимального уровня комфорта при движении в кривых в поездах применена упрощенная система наклона кузовов вагонов с использованием пневмобаллонных рессор. За счет этого стало возможным устранить непогашенное центробежное ускорение и повысить допустимую скорость движения. Например, поезд Fastech 360S может проходить кривые радиусом 4000 м со скоростью до 330 км/ч, а кривые радиусом 6000 м — со скоростью 360 км/ч.

В то же время для поезда Fastech 360Z понадобилось усовершенствовать устройства контроля системы наклона кузовов в целях предотвращения колебаний кузова при движении в туннелях в сцепе с поездом Fastech 360S. Это обусловлено более высоким аэродинамическим сопротивлением такого сцепа из-за различных очертаний кузовов вагонов двух поездов.

Испытания показали, что уровень комфорта для пассажиров при движении со скоростью 320 км/ч в поездах Fastech 360 выше, чем в ныне эксплуатируемых поездах. Однако при движении со скоростью 360 км/ч желаемый уровень комфорта еще не достигнут, и это остается задачей на ближайшую перспективу.

### Звукоизоляция

С точки зрения комфорта для пассажиров даже при движении с высокой скоростью важно обеспечить минимально возможный уровень шума в салонах вагонов. Целью разработчиков было снижение уровня шума до такого значения, которое позволяло бы пассажирам нормально беседовать при движении со скоростью 360 км/ч. Это потребовало совершенствования звукоизоляции окон, панелей боковых стенок, пола и потолка, а также снижения уровня шума, излучаемого при работе системы кондиционирования воздуха и оборудования, размещенного под кузовами вагонов.

Комплекс мероприятий в этом направлении позволил добиться того, что уровень шума в салонах вагонов поездов Fastech 360 при движении со скоростью 360 км/ч оказался ниже, чем аналогичный показатель поездов серии E2 при движении со скоростью 275 км/ч.

### Перспективы

Администрация JR East в конце 2007 г. объявила, что она планирует к 2013 финансовому году повысить максимальную скорость движения поездов сообщений Nayate и Komachi в регулярной эксплуатации на линии Тохоку Синкансен до 320 км/ч.

На основании результатов испытаний, а также с учетом экономических и природоохранных факторов было решено, что в обозримом будущем целесообразно ограничиться именно таким скоростным пределом и пока не задаваться целью достижения эксплуатационной скорости 360 км/ч. В соответствии с этим решением электропоезда следующего поколения (E5, рис. 3) будут строиться в расчете на движение со скоростью 320 км/ч и станут, таким образом, самыми быстрыми в Японии.

В поезде серии E5 использовано большинство новшеств, впервые появившихся в поезде Fastech 360S. В их числе — удлиненные лобовые части, «юбки» в нижней части кузовов вагонов, «зализанные» межвагонные переходы, низкошумные токоприемники, система наклона кузовов вагонов, активное рессорное подвешивание и т. п.

В течение 2009 финансового года запланировано провести ресурсные испытания предсерийного поезда E5 с тем, чтобы начать серийное производство поездов в конце 2010 г. и постепенно приступить к их вводу в обращение.

Несмотря на то что достижение максимальной эксплуатационной скорости 360 км/ч отнесено на более отдаленную перспективу, специалисты JR East не прекращают исследования, направленные на достижение этой цели, хотя работа над поездами Fastech 360 показала, что на этом пути стоят серьезные препятствия, преодоление которых потребует много труда и времени.

*M. Arai. Railway Gazette International, 2009, № 7, p. 38–41.*