

# Электропоезда для массовых пригородных перевозок

Железные дороги Индии реализуют амбициозную программу увеличения провозной способности пригородных сообщений в регионе Мумбая. Помимо реализации ряда инфраструктурных проектов, программа предусматривает приобретение нового подвижного состава большей пассажироместимости и с более высоким уровнем комфорта для пассажиров.

## Массовые пригородные перевозки

Пригородные перевозки в регионе Мумбая (бывшего Бомбея), крупнейшего экономического центра Индии (численность населения большого Мумбая превышает 14 млн. чел.), отличаются чрезвычайной интенсивностью, и по их объему (более 6,5 млн. пассажиров в сутки) Мумбай опережает даже такие мегаполисы, как Токио или Сеул. Чрезвычайная населенность электропоездов, обращающихся в данном регионе (не говоря о занятости всех мест для сидения, в часы пик плотность пассажиров, едущих стоя, достигает 14–16 чел./м<sup>2</sup>), приводит к тому, что вынуж-

денно нарушаются все мыслимые правила безопасности и, естественно, имеют место многочисленные несчастные случаи (рис. 1). Ежедневно более 190 девяти- и 12-вагонных электропоездов совершают около 2350 рейсов, минимальный интервал между которыми равен 3 мин.

Сеть пригородных сообщений в регионе Мумбая эксплуатируют две железнодорожные системы — Western (Западная) и Central (Центральная), находящиеся в ведении корпорации Mumbai Railway Vikas Corporation (MRVC), совместного предприятия, созданного в 1999 г. Государственными железными дорогами Индии (IR) и правительством штата Махараштра. Общая протяженность линий сети составляет 319 км.

Основная линия Западной железной дороги начинается на станции Чёрчгейт и идет на север; конечным пунктом ее самого дальнего (120 км) маршрута является станция Дахану-роуд. Начальным пунктом основной линии Центральной железной дороги является станция Чхатарapati Шиваджи, ранее известная (и чаще всего так и называемая) как Виктория; самые длинные маршруты этой линии ведут к станциям Кхапали (115 км) и Касара (121 км). На сети есть еще несколько линий, но они игра-

ют существенно меньшую роль в транспортном обслуживании региона.

Все линии имеют широкую (1676 мм) колею и электрифицированы (электрификация здесь началась еще в 1925 г.) на постоянном токе напряжением 1,5 кВ; многие эксплуатируемые здесь технические средства устарели и исчерпали ресурс по сроку службы. Следует отметить, что одним из важнейших инфраструктурных решений в данном регионе является постепенный перевод линий на питание от прогрессивной системы тягового электроснабжения переменного тока напряжением 25 кВ и частотой 50 Гц.

## Новый подвижной состав

Исходя из указанного решения закупки электропоездов постоянного тока, строившихся местными компаниями Jessop (Колката, бывшая Калькутта) и Integral Coach Factory (ICF; Ченнай, бывший Мадрас), были прекращены в 1998 г. После этого в соответствии с двумя контрактами консорциум в составе компаний Bharat Heavy Electricals (штаб-квартира в Дели, предприятия в разных городах Индии) и Alstom Transport поставил в Мумбай 33 двухсистемных девятивагонных электропоезда, которые вводились в эксплуатацию в 2002–2006 гг.; отличительной чертой этих поездов было применение запираемых тиристорных (GTO) в преобразователях тягового привода. И наконец, в июле 2007 г. начались поставки новых электропоездов, строящихся по двум заказам (на 73 и 101 ед. соответственно) консорциумом в составе компаний ICF и Siemens в рамках первого этапа реализации проекта улучшения транспортного обслуживания мумбайской агломерации (MUTP) и предназначенных для замены эксплуатируемого подвижного состава.



Рис. 1. Типичная картина, наблюдаемая в часы пик на пригородных линиях Мумбая

Постройка этих двухсистемных 12-вагонных электропоездов общей стоимостью 15,2 млрд. рупий организована следующим образом: компания ICF изготавливает кузова, тележки и другие компоненты механической части, осуществляет сборку, испытания и проводит процедуру сертификации; компания Siemens поставляет основные компоненты электрооборудования, в том числе тягового. Впоследствии (в ходе перевода сети на переменный ток) предусмотрено постепенно преобразовать все поезда в односистемные переменного тока.

Основные требования заказчика, которым являются железные дороги Индии, направлены на обеспечение высокой надежности, эксплуатационной готовности и безопасности. Они включают, в частности, применение тягового привода переменного тока с асинхронными тяговыми двигателями и преобразователями на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT), микропроцессорной системы управления тягой и рекуперативным торможением с регулируемым напряжением и частотой (VVVF), пневматических баллонов во второй ступени рессорного подвешивания, системы контроля и диагностики с изолированием отказов на уровне тележек и т. п.

Рекуперативное торможение рассматривается не только с точки зрения экономии электроэнергии, достигающей 30%, но и как средство увеличения срока службы колесных пар и уменьшения износа композиционных тормозных колодок. Поскольку внедрение электрической тяги считается весьма важным для снижения загрязнения окружающей среды углекислым газом, к финансированию данного проекта удалось привлечь Всемирный банк — впервые в отношении закупок подвижного состава для пригородных перевозок.

Основные технические характеристики электропоезда для региона Мумбая		
Длина вагона, м:	концевого	21,80
	промежуточного	21,52
Расстояние между центрами тележек, м		14,63
Колесная база тележек, м		2,90
Максимальная осевая нагрузка в эксплуатации, т		20,3
Мощность тяговых двигателей, кВт		240×16
Максимальная эксплуатационная скорость, км/ч		100
Ускорение при разгоне, м/с <sup>2</sup>		0,54
Замедление при торможении, м/с <sup>2</sup> :	от 100 до 50 км/ч	0,76
	от 50 км/ч до остановки	0,84

### Составность и техническое оснащение

Как указано выше, электропоезда для региона Мумбая формируются из 12 вагонов (рис. 2 и 3). В их число входят два концевых прицепных вагона типа ДТС, четыре промежуточных моторных типа МС и шесть промежуточных прицепных вагонов типа ТС. В двух вагонах предусмотрены устройства для облегчения поездок пассажирам с

ограниченными физическими возможностями, в пяти вагонах выделены изолированные салоны «только для женщин».

На крыше каждого моторного вагона установлен токоприемник, под кузовом — тяговый трансформатор, в специальном отсеке размещено силовое электрооборудование тягового привода. Кроме того, моторные вагоны снабжены устройствами для управления при маневровых передвижениях



Рис. 2. Внешний вид электропоезда для региона Мумбая

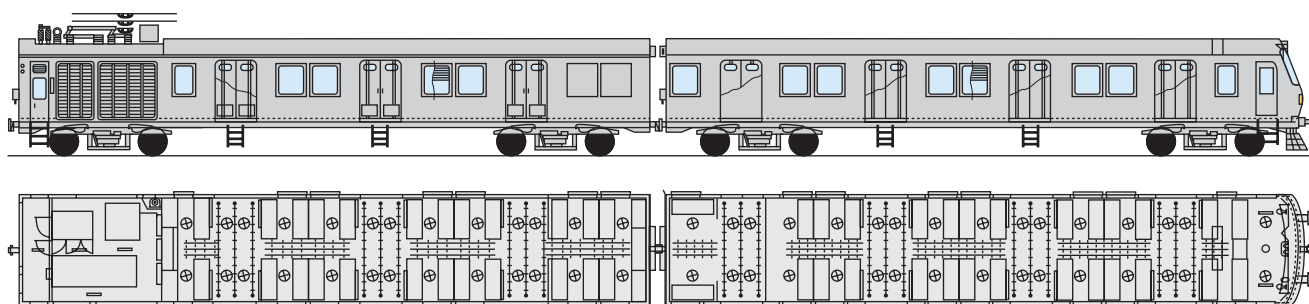


Рис. 3. Компоновочная схема секции из одного концевой прицепного вагона с кабиной управления и одного промежуточного моторного вагона

вне состава поезда на деповских путях.

Тяговые трансформаторы мощностью 1250 кВ·А с постоянным коэффициентом трансформации, удовлетворяющие требованиям стандарта IEC 310 по нагревостойкости в любых режимах работы, поставляет компания ABB Sécheron. От вторичных обмоток трансформатора напряжение переменного тока подается на два выпрямителя, в свою очередь питающие выпрямленным током два промежуточных звена постоянного тока, представляющих собой четырехквadrантные регуляторы мощностью 1070 кВ·А. От последних получают питание два инвертора, а от каждого инвертора — два тяговых двига-

теля одной тележки. Такое схемное решение обеспечивает достаточный уровень резервирования на случай выпадения какого-либо элемента схемы. Как указано выше, все преобразовательное электрооборудование выполнено на IGBT-транзисторах и имеет принудительное воздушное охлаждение, рассчитанное по меньшей мере на 25%-ное превышение номинальных режимов эксплуатации и скачки тока с учетом индуктивностей и емкостей схемы.

Каждая колесная пара тележек моторных вагонов приводится во вращение тяговым двигателем с опорно-осевой подвеской и коническими роликовыми моторно-осевыми подшипниками. Тяговые двига-

тели рассчитаны на работу в сложных условиях эксплуатации с точки зрения воздействия вибраций, высокой температуры и влажности воздуха, что обусловлено не вполне удовлетворительным состоянием пути и особенностями климата региона Мумбая, расположенного в субтропическом поясе на побережье Аравийского моря.

## Бортовые системы

Компания Siemens применила в новых электропоездах фирменную микропроцессорную систему Sibas 32, в функции которой входят управление работой тягового привода в режимах тяги и торможения, защита от боксования и юза, а также контроль за прохождением и исполнением управляющих команд. Связь между микропроцессором и интерфейсными картами управляемого и контролируемого оборудования осуществляется посредством шин.

Кроме того, система выполняет функции диагностики технического состояния наиболее ответственных компонентов и отображения контрольных показателей на интерактивных жидкокристаллических сенсорных дисплеях в кабинах управления, что облегчает поиск и устранение неисправностей.

Питание вспомогательных бортовых потребителей энергии осуществляется от выпрямительно-инверторных модулей общей мощностью 115 кВ·А, в свою очередь рас-

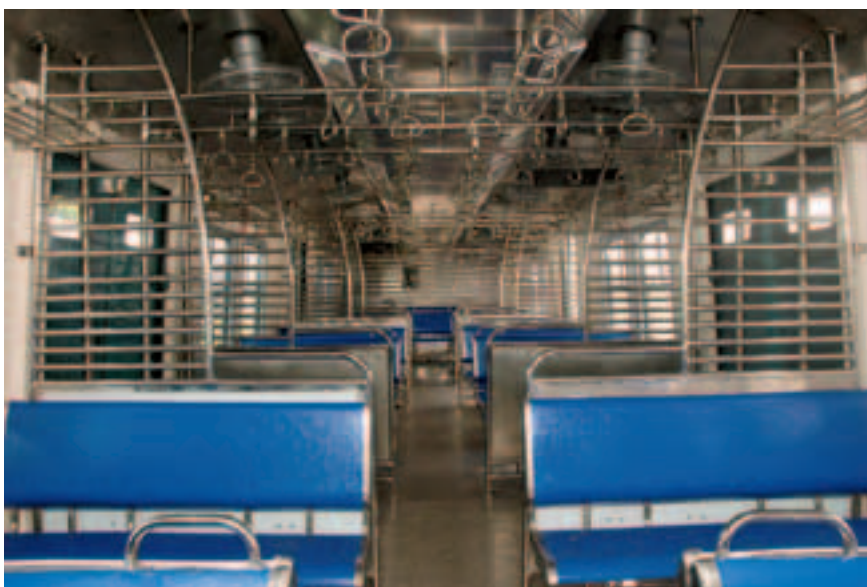


Рис. 4. Интерьер пассажирского салона электропоезда для региона Мумбая

считанных на питание от сети как постоянного, так и переменного тока. Предусмотрено также резервное питание от моторных вагонов в целях предотвращения перерывов в работе систем освещения и вентиляции при прохождении нейтральных вставок.

### Внутреннее оснащение и комфорт для пассажиров

Чтобы собрать мнения пассажиров относительно планировки и оснащения интерьеров вагонов, одной из профессиональных маркетинговых фирм было поручено провести соответствующий опрос. По результатам опроса работы по интерьерам (рис. 4) выполнил Национальный институт дизайна в Ахмадабаде.

В салонах всех вагонов были смонтированы табло визуальной системы информирования пассажиров о движении поезда, основанной на данных, получаемых от системы глобального позиционирования (GPS).

Боковые стенки вагонов изнутри облицованы волокнитом. Кресла изготовлены с рамами из нержавеющей стали и обивкой из поликарбоната. Также из нержавеющей стали изготовлены багажные полки увеличенной ширины, обрамления оконных проемов, поручни и другие элементы интерьера. Широкие окна оснащены традиционными для пассажирского подвижного состава железных дорог Индии жалюзи. Предусмотрены меры против проявлений вандализма.

Одну из самых важных проблем представляло обеспечение поступления в салоны достаточного объема свежего воздуха с учетом большого числа пассажиров в часы пик. Решить эту проблему в старых поездах до конца так и не удалось, несмотря на разного рода предпринимаемые меры.

При разработке системы вентиляции руководствовались требованиями стандарта США 62–2001, в свою очередь основанного на исследованиях и испытаниях, выполненных Американским обществом инженеров в области отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха (ASHRAE).

В салонах поездов, эксплуатируемых Западной железной дорогой, измеряли и регистрировали с помощью портативных приборов уровень содержания углекислого газа в воздухе. Судя по результатам измерений, этот показатель варьировался от 800 до 2450 частиц CO<sub>2</sub> на 1 млн. частиц воздуха. В техническом задании, выданном MRVC компании Siemens, оговаривалась максимальная разница между содержанием углекислого газа в воздухе вне и внутри вагонов не более 700 частиц на 1 млн. Исходя из этого требования в каждом вагоне поезда установили четыре вентиляционные нагнетательные установки общей производительностью 15 000 м<sup>3</sup>/мин, а для обеспечения внутреннего воздухообмена смонтировали многочисленные точечные вентиляторы.

Первичную проверку эффективности такой системы вентиля-

ции осуществляли с использованием полноразмерного макета кузова вагона и имитацией наиболее сложных условий эксплуатации. Затем испытания были проведены уже в ходе пробной эксплуатации первого поезда. Они показали уменьшение содержания углекислого газа в воздухе внутри вагонов до приемлемой величины — 700–1450 частиц на 1 млн.

Еще одним преимуществом новых поездов перед старыми является гораздо более низкий уровень шума, излучаемого при движении, — 66 против 90 дБ (А).

Пять поездов предсерийной постройки поступили на сеть железных дорог в регионе Мумбая во второй половине 2007 г., и 12 ноября того же года первый поезд был введен в постоянную эксплуатацию в пассажирских перевозках. По завершении процедуры сертификации с июля 2008 г. началось серийное изготовление поездов с темпом 4 ед. в месяц.

Когда будет реализован первый этап проекта MUTP, средняя интенсивность наполнения поездов пригородных сообщений в регионе Мумбая в часы пик снизится на 28%, а в перспективе, после выполнения данного проекта в полном объеме, на 40% в сравнении с ситуацией настоящего времени. Этим будет достигнуто долго ожидаемое значительное повышение уровня комфорта пассажиров в поездах.

*P. Sehgal, L. Narayan. Railway Gazette International, 2008, № 8, p. 496–498.*