

Сочлененный поезд для Нидерландов

Государственные железные дороги Нидерландов (NS) заказали в общей сложности 99 сочлененных электропоездов для региональных линий. Четырех- и шестивагонные поезда базируются на конструкции уже известных электропоездов переменного тока, переоборудованных для эксплуатации под контактной сетью постоянного тока напряжением 1,5 кВ. Кроме того, внесены ряд изменений, вызванных особенностями коммерческой эксплуатации в условиях Нидерландов. Поезда имеют современный дизайн, построены на базе последних достижений техники и предоставляют пассажирам высокий уровень комфорта и безопасности.

Первый контракт на новые поезда NS подписали с консорциумом Lighttrain в 2006 г. Он предусматривал изготовление и поставку 18 четырехвагонных сочлененных электропоездов и 17 шестивагонных. Кроме того, в соответствии с контрактом консорциум, куда вошли компании Bombardier Transportation и Siemens Mobility, должен поставлять запасные части и специальный инструмент, а также проводить обучение персонала. Сумма контракта, составившая 249,6 млн. евро, распределялась между участниками консорциума следующим образом: компания Bombardier — 42% и Siemens — 58%.

В сентябре 2007 г. во время торжественной передачи заказчику первого шестивагонного поезда на заводе в Крефельде был подписан дополнительный контракт по двум из пяти предусматривавшихся основным контрактом опционов на сумму 399,7 млн. евро. По каждому из этих двух опционов запланировано изготовить и поставить по 16 четырех- и шестивагонных электропоездов. Новые поезда были необходимы для удовлетворения возросшего спроса на перевозки в регионе Рандстад между городами Амстердам, Гаага, Роттердам и Утрехт.

Распределение ролей в консорциуме и разработка поездов

Компания Bombardier выполняет в консорциуме руководящие функции. Кроме того, она отвечает за изготовление всех четырехвагонных поездов: на заводе компании в Хеннигсдорфе изготавливают кузова, а в Ахене производят сборку, наладку и сдачу в эксплуатацию.

Компания Siemens изготавливает все шестивагонные поезда на своем заводе в Крефельде, а затем в испытательном центре Вегберг-Вильденрат выполняет все процедуры, связанные со сдачей поездов в эксплуатацию.

При проектировании поездов также существовало распределение обязанностей. Так, Bombardier ответственна за конструкцию лобовой части, внутреннего оборудования, системы кондиционирования воздуха, бортового электроснабжения, систем управления, устройств обеспечения безопасности движения, а также за выполнение требований в отношении акустики, аэродинамики, электромагнитной совместимости, наружного дизайна. Компания Siemens проектирует конструкцию кузовов вагонов, тележек и узлов сочленения, межвагонных переходов, а также разрабатывает схему и конструкцию высоковольтного оборудования, тяговой системы и устройств ее охлаждения, элементов конструкции, ответственных за плавность хода.

Новые поезда, получившие название Sprinter Lighttrain (рис. 1), являются дальнейшим развитием известных поездов серий 424, 425 и 426, которые консорциум в свое время поставил железным дорогам Германии (DB) в количестве 332 ед.

С учетом местных условий максимальная длина поезда в Нидерландах установлена равной 270 м. Это позволяет использовать новые поезда в сцепе при различных комбинациях, в том числе возможен сцеп максимальной длины, состоящий из двух шести- и одного четы-



Рис. 1. Электропоезд Lighttrain

Таблица 1

Технические данные электропоездов Sprinter Lighttrain

Параметр	Модификация поезда	
	Четырехвагонный	Шестивагонный
Масса тары, т	129	176
Длина по сцепкам, мм	69 360	100 540
Ширина, мм	2840	
Высота, мм	4210	
Число мест для сидения:		
первого класса	40	56
второго класса	144	208
откидных	38	68
Число мест для едущих стоя, из расчета 4 чел. /м ²	213	348
Ширина сиденья, мм:		
первого класса	480	
второго класса	450	
Число тяговых двигателей	6	8
Число тяговых преобразователей	2	
Максимальное ускорение, м/с ²	0,76	
Тяговая мощность, кВт	1500	2000
Мощность электрического тормоза, кВт	1350	1800
Мощность бортовой сети постоянного тока напряжением 110 В, кВт	2×10	
То же, трехфазного переменного тока напряжением 400 В, частотой 50 Гц, кВ·А	2×150	

рехвагонного поезда. Это позволяет NS гибко реагировать на колебания пассажиропотока в течение суток.

Концепция поездов выбрана с учетом того, что шестивагонный поезд может быть сформирован из четырехвагонного добавлением к нему двух промежуточных вагонов. В табл. 1 приведены технические данные поездов обеих модификаций.

При доработке поезда была улучшена не только просматриваемость вагонов вдоль всего состава и условия посадки и высадки пассажиров, но также и наружный дизайн.

Механическая часть

Конструкция кузова

Кузова вагонов изготовлены из крупных экструдированных профилей, соединенных между собой сваркой. В качестве материала про-

филей использован алюминиевый сплав. Кузов такой конструкции выдерживает испытательное усилие сжатия на уровне сцепок, равное 1500 кН. Каркас кабины машиниста имеет такую же конструкцию и в случае повреждения может быть заменен. Все устройства, расположенные на лобовой части кабины, рассчитаны на большие продольные усилия. При столкновении эти усилия гасятся буферами, сминаемым поглощающим узлом и путоочистителем. Это же относится и к торцовым частям вагонов, на которых смонтированы узлы короткой сцепки. Через них сила удара концентрированно передается на кузова следующих вагонов. Методика проверки прочности вагонных кузовов базируется на требованиях к длительной прочности элементов соединения их с тележками и на сценариях 1–3 Технической спецификации по совместимости систем в

высокоскоростном движении на европейской сети (TSI).

Все крупные узлы и агрегаты подвешиваются к продольным балкам с помощью системы клиновых опор. Такое крепление обеспечивает улучшение плавности хода.

По своему поперечному профилю новые поезда соответствуют габариту, рекомендуемому документом МСЖД 505–1. Минимальный радиус кривой, проходимой поездом, составляет 150 м, однако в депо поезд может вписаться и в кривую радиусом 120 м.

Безопасность при столкновении

Оба участника консорциума при разработке поездов руководствовались высокими требованиями к безопасности, заложенными в условиях контракта. Эти требования отражены в европейском стандарте EN 50126–1, дополненном в отношении программного обеспечения стандартом EN 50128.

Наивысшую степень безопасности для пассажиров и машинистов обеспечивает выполнение требований сценариев столкновения (с 1-го по 3-й), которые, в частности, предусматривают полную безопасность при наезде поезда, идущего со скоростью 110 км/ч, на грузовой автомобиль массой 15 т. Эти сценарии, содержащиеся в Технической спецификации TSI, положены в основу нидерландского железнодорожного законодательства (RKS). В сочлененном поезде энергия удара при столкновении передается через большое число энергопоглощающих элементов. Дополнительно на лобовой части прибор автосцепки защищен энергопоглощающим трубчатым элементом, расположенным на уровне буферов, и дополнительным гасящим устройством на уровне нижнего обреза лобового стекла. Это устройство также обеспечивает защиту от напоздания вагона при лобовом наезде. Кроме того, узлы сочленения кузовов со-

седних вагонов также соединены с энергогасящими элементами. После того как при столкновении сработают все рассмотренные поглощающие элементы, остаточную энергию столкновения гасят дополнительные буфера за счет сжатия пеноалюминиевых элементов.

Приборы автосцепки Шарфенберга типа 10, расположенные на лобовых частях поезда, выдерживают без деформации соударение при формировании поезда максимальной длины на скорости до 5 км/ч благодаря наличию упругого энергоабсорбера. После срабатывания упругого абсорбера в работу включается сминаемый поглотитель энергии, рассчитанный на столкновение при скорости 8 км/ч. После того как этот поглотитель при смятии укоротится на 500 мм, срабатывает разрывной элемент, с помощью которого штанга сцепки направляется в подкузовную зону, чтобы она не мешала срабатыванию параллельно включенного сминаемого поглотителя, осуществляющего дальнейшее гашение энергии столкновения.

Пожаробезопасность

При проектировании поездов особое внимание было уделено противопожарным мероприятиям в соответствии с европейским стандартом EN 45545, а также со стандартом DIN 5510 и рекомендациями МСЖД, изложенными в документе 564-2. Так, в схему высоковольтных приборов и блоков, смонтированных под кузовом, включены датчики, сигнализирующие об опасности возгорания. Это позволяет быстро оповестить пассажиров в случае возникновения пожароопасной ситуации и своевременно эвакуировать их. Кроме ручных огнетушителей, в вагонах имеются устройства экстренной связи с машинистом и аварийного разблокирования дверей, дополненные соответствующими указателями и пиктограммами.

Внутренняя планировка

На этапе проектирования специалисты консорциума совместно с представителями NS разрабатывали и отбирали лучшие варианты внутренней планировки, наиболее удобные для пассажиров. Для оптимального удовлетворения запросов пассажиров на ранней стадии проектирования были изготовлены различные образцы кресел и представлены публике на вокзале Утрехт-Центральный.

В четырехвагонном поезде салоны первого класса расположены в концевых вагонах между кабиной машиниста и ближайшим тамбуром. Салоны первого класса с красными креслами и подсвеченными багажными полками визуально отличаются от салонов второго класса с голубыми креслами. В шестивагонном поезде имеется дополнительный салон первого класса в одном из промежуточных вагонов. Для обеспечения лучшей изолированности салоны первого класса отделены от остальных помещений стеклянными дверями. Шаг расположения кресел в салоне первого класса составляет 1830 мм, а второго класса — 1700 мм.

Из просторного тамбура по проходу шириной 600 мм можно попасть в многофункциональное отделение и зону с пассажирскими креслами рядного и встречного расположения. Высота пола в этих помещениях понижена и составляет 800 мм над УГР. В зонах, расположенных над тележками, на возвышении 225 мм также расположены пассажирские кресла. Широкие окна обеспечивают хороший обзор как сидящим пассажирам, так и едущим стоя.

В салонах с высотой потолка 2314 мм не ограничивается свобода движений даже пассажиров высокого роста. Удобства для пассажиров обеспечиваются также широкими межвагонными переходами и хорошей просматриваемостью

вагонов по всей длине поезда. Для удобства перемещения пассажиров внутри поезда межвагонные переходы выполнены без дверей.

Кабина машиниста, сконструированная в соответствии с Правилами железнодорожной эксплуатации в Нидерландах (RDHL) и документами МСЖД 651 и 652, отделена от пассажирских салонов прозрачной стенкой. В каждом вагоне поезда имеется установка кондиционирования воздуха. В кабине машиниста установлен отдельный кондиционер. В зависимости от времени года все установки кондиционирования автоматически переключаются на обогрев или охлаждение.

С обеих сторон четырехвагонного поезда имеется по шесть двухстворчатых входных дверей, а шестивагонного — по десять. Все двери шириной 1300 мм и высотой 2200 мм оборудованы электрическим приводом. Для облегчения входа и выхода они снабжены подвижными площадками, перекрывающими зазор между тамбуром и краем платформы. Такие площадки также делают возможной самостоятельную посадку и высадку инвалидов на колясках. Удобный и быстрый пассажирообмен обеспечивается наличием в тамбурах визуальных и звуковых сигнальных устройств, а также соответствующей разметки на платформе.

Система управления дверями приспособлена к введенной на NS новой системе отправления поездов, которая предусматривает в будущем отказ от закрывания дверей и контроля их состояния проводниками.

Межвагонные переходы состоят из внутреннего складчатого суфле и наружного волнистого. Последнее выполнено сплошным по всему периметру, что позволяет предотвратить проникновение пыли и шума снаружи. Высота просвета межвагонного перехода составляет 2100 мм, ширина — 620 мм. В пространстве между двумя суфле рас-

положены упоминавшиеся ранее дополнительные буфера. В верхней части этого пространства проходят электрические кабели и провода. Переход высоковольтной линии с одного вагона на другой выполнен на крыше вне суфле. Пневматические линии между вагонами соединяются на уровне тележек, т. е. вне зоны суфле.

Тележки

Обе концевые тележки каждого поезда имеют базу 2300 мм. В сочленяющих тележках Якобса расстояние между колесными парами равно 2800 мм, так как на ее раме смонтированы дополнительные пара пневморессор и ограничитель боковой качки. Для пассажиров такая сравнительно большая база тележки обозначает улучшение плавности хода до уровня, превышающего нормы, установленные для региональных поездов.

Диаметр новых колес равен 850 мм, изношенных — 780 мм. Колесные пары рассчитаны на осевую нагрузку 18,5 т. Первичное рессорное подвешивание выполнено на стальных пружинах. Упругая на скручивание Н-образная рама несет на себе все элементы оборудования. Вторая ступень рессорного подвешивания на пневморессорах обеспечивает пассажирам высокий уровень комфорта. На поперечных балках концевых тележек смонтированы антенны системы обеспечения безопасности движения АТВ.

Моторными являются обе концевые тележки, одна сочленяющая в четырехвагонном поезде и две сочленяющие — в шестивагонном.

Новые поезда оборудованы компактными блоками управления торможением (по одному на каждую тележку). На всех колесах смонтированы тормозные диски. Дополнительно концевые тележки оборудованы тормозами с пружинным накопителем энергии. Сжатый воздух производится безмасляным ком-

прессором, благодаря чему отпадает необходимость в периодическом сливе из системы конденсата в виде водомасляной эмульсии.

В дополнение к непрямодействующему пневматическому тормозу на всех немоторных тележках Якобса установлено оборудование магнитно-рельсового тормоза, который должен использоваться в случае плохих условий сцепления колеса с рельсом.

Дизайн поезда

Разработчики уделяли большое внимание привлекательному для пассажиров внутреннему и наружному дизайну. Дизайнерское решение было согласовано с NS только после презентации моделей внутренней планировки вагона и наружной боковой стенки, выполненных в масштабе 1:1. При этом было утверждено также и цветовое решение во всех деталях. Наружный дизайн поездов получил премию Good Design за 2007 г., вручаемую Чикагским музеем архитектуры и дизайна (Chicago Athenaeum Museum). Эта награда свидетельствует о высоком международном признании.

Новые поезда сочетают в себе традиции предшествующих модификаций с современными формами, в то же время обеспечивая высокую безопасность при столкновении, достигнутую без компромисса с эстетическим качеством проекта. Оборудование, установленное на крыше, закрыто съемными панелями.

Внутренний дизайн отличается высокой степенью просматриваемости. Прозрачная задняя стенка кабины машиниста, стеклянные перегородки и двери в пассажирских салонах создают впечатление свободного пространства. Возможность перемещаться вдоль поезда и видеть машиниста вызывает у пассажира ощущение безопасности. Поезд получил название Lighttrain из-за его хорошей просматриваемости и световой насыщенности интерьеров.

Электрическая часть

Тяговое оборудование

Тяговое оборудование имеет резервированное исполнение и размещено в основном в двух концевых вагонах. Каждый поезд имеет два тяговых агрегата с групповым питанием двух или четырех тяговых двигателей. Четырехвагонный поезд оснащен шестью тяговыми двигателями, а шестивагонный — восемью. На рис. 2 показаны тормозные и тяговые характеристики шестивагонного поезда. Тяговые двигатели типа 1TB1724-0GB02 максимальной мощностью 250 кВт имеют водяное охлаждение и базируются на известных двигателях, установленных на электропоездах DB серий 424 и 426. Двигатель с опорно-осевой подвеской с помощью зубчатой муфты связан с редуктором, имеющим передаточное число 5,507. При диаметре колес, соответствующем изношенному состоянию, и максимальной скорости поезда 160 км/ч частота вращения двигателей составляет 6000 об/мин.

На каждом поезде установлено два токоприемника типа DSA200.27, из которых при движении поднят только один. Для обеспечения надежного токосъема в аварийных ситуациях угольные вставки полоза смонтированы на стальной несущей основе. Питание на оба тяговых преобразователя подается через один главный выключатель, смонтированный на крыше одного из промежуточных вагонов. Этот выключатель способен разорвать ток аварийного режима до 100 кА. Сетевые дроссели (по два на каждом поезде) с принудительным охлаждением размещены под кузовом. Каждый тяговый агрегат имеет два тормозных резистора с конвекционным охлаждением, которые размещены на крыше концевых вагонов и позволяют выполнять электрическое торможение независимо от контактной сети.

Водоохлаждаемый тяговый преобразователь Sibac построен на биполярных транзисторах с изолированным затвором IGBT с рабочим напряжением 3 кВ. Используемый в нем высокочастотный метод регулирования обеспечивает минимальное воздействие на питающую сеть и механическую часть тягового привода. Параметры преобразователей и тяговых двигателей исследуются на стадии сдачи в эксплуатацию с помощью автоматической системы идентификации. Это создает базу для последующего согласования этих устройств с параметрами системы автоматического регулирования. Для изменения величины крутящего момента асинхронных тяговых двигателей, питаемых от импульсного инвертора через специально разработанное промежуточное звено постоянного напряжения, использована схема Sitrac. Она способна без использования датчиков идентифицировать величину частоты вращения по электрическим параметрам, благодаря чему повышается надежность тяговых агрегатов и эксплуатационная готовность поезда в целом.

Низковольтное оборудование и аккумуляторные батареи

Низковольтная система базируется на преобразователе собственных нужд MITRAC Serie AU 1000 с выходным трехфазным трансформатором, служащим для разделения потенциалов, зарядным агрегатом, батареей аккумуляторов и устройствами питания удаленного вспомогательного оборудования.

В каждом поезде преобразователь собственных нужд имеет резервированное исполнение и обеспечивает выходную мощность 150 кВт при трехфазном напряжении 400 В, 50 Гц. Аккумуляторная батарея, также резервированная, имеет емкость 180 А·ч. Использо-

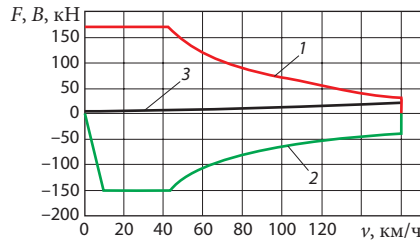


Рис. 2. Тяговая (1) и тормозная (2) характеристики шестивагонного поезда с кривой сопротивления движению на площадке (3)

мый для ее заряда агрегат с выходной мощностью 10 кВт имеет внешнюю характеристику, корректируемую в зависимости от температуры.

Система управления и диагностики

На поездах установлена система управления последнего поколения MITRAC TCMS, которая осуществляет все функции управления поездом, а также диагностику и передачу данных в центр управления по связи GPRS. В эту же систему интегрировано управление информацией для пассажиров с использованием локальной сети.

Устройство диагностики для удобства машинистов реализовано в том же виде, что и на двухэтажном поезде VIRM железных дорог Нидерландов. Результаты диагностики преобразуются в форму, необходимую для передачи по системе связи GPRS. На поезде реализовано преобразование нидерландской аналоговой поездной радиосвязи в цифровую. В связи с этим пульт управления машиниста потребовалось оборудовать системой GSM-R.

Все сигнальные фонари поезда выполнены на базе светодиодной техники, не требующей ухода.

Концепция системы информирования пассажиров согласована с NS и разрабатывалась в соответствии с индивидуальными пожеланиями компаний-перевозчиков. Для информирования пассажиров

служат аудиосистема, видеотерминал, а также лобовые и боковые указатели пункта назначения. Для повышения безопасности пассажиров и своевременного предотвращения актов вандализма в вагонах смонтирована система видеонаблюдения.

Затраты жизненного цикла и перспективы

Требования к надежности поезда достаточно высоки. Для достижения поставленных целей консорциум провел глубокий анализ отношений с субподрядчиками и разработал требования к поставляемой ими продукции, согласованные с пожеланиями компаний-перевозчиков.

С целью оптимизации дальнейших разработок при переоборудовании поезда на тяговую систему 1,5 кВ постоянного тока были предусмотрены необходимое пространство и места крепления оборудования на случай, если придется проводить дальнейшее переоборудование на системы 3 кВ постоянного тока и 15 кВ, 16,7 Гц; 25 кВ, 50 Гц переменного. Тем самым обеспечивалась возможность эксплуатации электропоездов в перспективе за пределами Нидерландов.

Испытательные мощности компаний — участников консорциума были использованы для выполнения всей процедуры допуска к эксплуатации, а также для типовых испытаний.

Начало поставки серийных поездов с темпом четыре поезда в месяц планировалось на февраль 2009 г. В октябре 2009 г., когда уже будет поставлено 36 поездов, планируется увеличить темп поставки до пяти поездов в месяц. Последний, 99-й поезд в соответствии с основным контрактом и двумя опционами должен быть принят в эксплуатацию в ноябре 2010 г.

A. Vogel et al. *Elektrische Bahnen*, 2008, № 7, S. 295–303.