

Моторвагонные поезда Flirt для железных дорог Алжира

Самый большой заказ за всю историю своего существования компания Stadler получила от Национального общества железных дорог Алжира (SNTF). Контракт с компанией Stadler, штаб-квартира которой расположена в Буснанге (Швейцария), был подписан в мае 2006 г. Он предусматривал поставку 64 четырехвагонных поездов Flirt, а также их техническое обслуживание. Наряду с поездами SNTF заказало тренажер для обучения машинистов.

Тендер на поставки поездов SNTF объявило в июле 2005 г. В нем приняли участие компании Stadler, Bombardier, Siemens, Alstom и CAF.

В январе 2006 г. были оглашены результаты тендера. Его выиграла швейцарская компания Stadler. Она должна была разработать об-

основания для наилучших финансовых и технических условий поставки моторвагонных поездов. Одновременно железные дороги Алжира внесли в контракт пункт о техническом обслуживании и мойке поездов в эксплуатации в течение 10 лет, включая гарантийный срок в 3 года.

Компания Stadler представила SNTF обзор уже проданных на тот момент моторвагонных поездов семейства Flirt. При этом большое внимание было уделено различиям между поездами, поставленными для Федеральных железных дорог Швейцарии (SBB) и железных дорог Венгрии (MÁV). Это было необходимо для внесения в договор логистических требований. Кроме того, была изложена концепция обучения алжирских машинистов, освещены вопросы обеспечения технического обслуживания, мойки и уборки поездов.

Общее число поездов Flirt, выпущенных с 2002 до 2008 г. всеми тре-



Рис. 1. Поезд Flirt Национального общества железных дорог Алжира

мя отделениями компании (Stadler Bussnang, Stadler Altenrhein, Stadler Pankow), составило 514 ед. На сеть SBB было поставлено 126 таких поездов (115 четырехвагонных и 11 шестивагонных).

Концепция поезда Flirt для SNTF

Поезд Flirt для SNTF (рис. 1) базируется на четырехвагонной модификации, разработанной для SBB. Он рассчитан на питание от контактной сети однофазного переменного тока напряжением 25 кВ/50 Гц.

Поезд Flirt для железных дорог Алжира имеет ряд существенных отличий от изготовленных ранее и поставленных другим заказчикам.

Вместимость и внутреннее устройство

В технических условиях SNTF указало два требования к вместимости поезда, следствием которых является необходимость обеспечения максимальной полезной загрузки и минимальной массы тары:

- минимальное число мест для сидения 130 при общей вместимости до 600 чел. из расчета 4,5 чел./м²;
- максимально допустимая населенность пассажирами, едущими стоя, не более 10 чел. массой по 70 кг на 1 м².

В процессе предварительной фазы проектирования заказчик потребовал увеличить число мест для сидения до 144, сформировав по концам вагонов группы кресел (рис. 2). Выполнение этих дополнительных требований увеличило полезную нагрузку до 78,8 т.

Технические характеристики поезда Flirt для SNTF	
Ширина колеи, мм	1435
Система тягового тока, кВ/Гц	25/50
Число заказанных поездов	64
Число мест для сидения	144
То же, для едущих стоя (8 чел. /м ²)	786
Высота пола над УГР, мм:	
в тамбуре	605
в высокопольной части	1 125
Ширина входной двери, мм	1 300
Испытательное усилие сжатия на уровне сцепок, кН	1500
Длина по сцепкам, мм	74 078
Ширина, мм	2 880
Высота, мм	4 280
Масса тары, т	120
Осевая база тележки, мм:	
моторной	2 700
немоторной	2 700
Диаметр новых колес моторной оси, мм	870
То же, немоторной оси, мм	760
Мощность на ободу, кВт:	
продолжительная	2 000
максимальная	2 300
Сила тяги при трогании и разгоне до 47 км/ч, кН	200
Ускорение при разгоне, м/с ²	1,2
Максимальная скорость, км/ч	120

Поезд опирается на десять колесных пар. По стандартам SNTF осевая нагрузка не должна превышать 20 т. Отсюда следует, что масса тары поезда должна быть около 121 т. Кроме того, в случае максимальной загрузки необходимо было достичь такого распределения пассажиров, чтобы нагрузка на каждую ось была не более 20 т.

Менеджмент массы и анализ данных

Классический поезд Flirt для SBB имеет в среднем массу тары 122 т. Для снижения массы от следующих компонентов SNTF отказалось:

- туалета;
- салона первого класса;

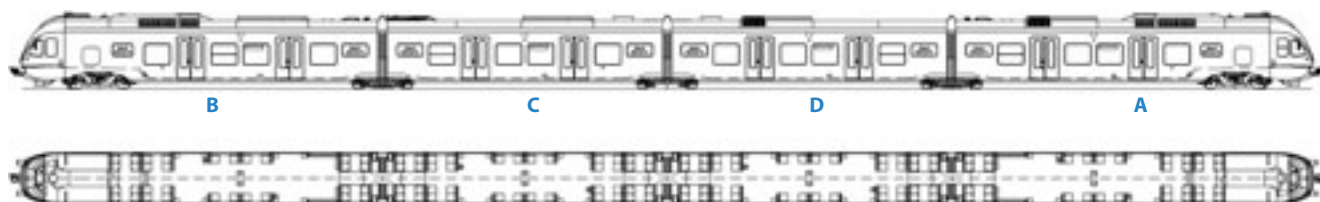


Рис. 2. Внутренняя планировка поезда Flirt SNTF

- около 40 мест для сидения;
- столиков у боковых стенок;
- багажных стеллажей;
- антенны АЛС и кронштейна для ее установки, располагаемых перед моторной тележкой;
- некоторых элементов высоковольтного оборудования (однако после главного выключателя все элементы резервированы).

Кроме того, определенное снижение массы достигнуто за счет того, что тяговый трансформатор, работающий на частоте 50 Гц, значительно легче швейцарского трансформатора с частотой 16,7 Гц. Некоторая экономия массы получена также за счет уменьшения высоты окон на 200 мм, так как заменившие эту часть окон участки экструдированного алюминиевого профиля, из которого изготовлена стенка, значительно легче оконного стеклопакета.

В то же время ряд мероприятий, которые пришлось выполнить в соответствии с техническими условиями заказчика, способствовали увеличению массы. Установлены:

- новые тормозные резисторы;
- более мощные устройства вентиляции и кондиционирования воздуха пассажирских салонов;
- удлиненные рельсоочистители с усиленным креплением по обоим концам поезда;
- усиленная рама немоторных тележек, рассчитанная на увеличение осевой нагрузки до 20 т;
- рессорные пружины первой и второй ступени подвешивания увеличенного диаметра;
- колеса моторных и немоторных колесных пар с диаметром, увеличенным на 10 мм;
- дополнительный охладитель в системе водяного охлаждения тяговых преобразователей;
- более мощные и, следовательно, более объемные и тяжелые насосы в системе водяного охлаждения преобразователей;
- утолщенные панели пола;
- окна специальной конструкции.

Уже на этапе разработки концепции поезда конструкторы использовали любую возможность для уменьшения массы. С этих позиций были выбраны следующие решения и компоненты:

- изменено расположение тормозных резисторов. В поездах Flirt, изготовленных для компании TLO, тормозные резисторы установлены на промежуточных вагонах из-за недостатка свободного места на крыше моторных вагонов. В связи с этим для соединения их с цепью главного тока потребовалась прокладка по крышам высоковольтного кабеля, рассчитанного на большой ток. На поездах для SNTF от этой схемы отказались. Чтобы оставить тормозные резисторы на моторных вагонах, потребовалось поменять их местами с компрессорами, которые установили на промежуточных вагонах. В результате удалось избавиться от тяжелого и длинного кабеля, что позволило снизить массу монтажных компонентов резисторов более чем на 50%;

- все внутреннее оборудование (сиденья, стойки и поручни, дверные блоки, а также отопительные и вентиляционные каналы) сконструировано заново, что дало экономию массы в 20%;

- для разработки конструкции выдвинутых мостиков, перекрывающих зазор между полом тамбура и платформой, компания Stadler привлекла несколько компаний-разработчиков, узко специализирующихся в этой области. Одним из основных требований к конструкции мостика было ограничение массы 110 кг. Эта задача была решена — в поезде, где смонтировано 16 выдвинутых мостиков, экономия массы на эти устройства по сравнению с предыдущими модификациями составила 320 кг.

Кузов

Основные предложения по конструкции кузовов, исходившие от поставщика, были приняты SNTF.

Кузова вагонов имеют самонесущую конструкцию. Для их изготовления использованы крупные экструдированные профили из легкого сплава AlMgSi. При сварке этих профилей усадочные деформации минимальны. Прочностные характеристики кузова соответствуют требованиям европейского стандарта EN 12633: вагон выдерживает испытательную сжимающую продольную нагрузку 1500 кН, прикладываемую на уровне сцепок. Кроме того, стандартом предусмотрены следующие испытательные статические нагрузки:

- растягивающее усилие 1000 кН на уровне сцепок;
- сжатие с силой 300 кН на уровне окон;
- сжимающее усилие 150 кН на высоте верхней обвязки кузова;
- сжатие с силой 400 кН на высоте 150 мм над уровнем пола кабин.

Существенные изменения конструкции кузовов реализованы в связи с тем, что полезная нагрузка была принята равной 78,8 т, а также из-за уменьшения высоты окон на 200 мм.

В рассматриваемой конструкции впервые для поездов Flirt используется мощный рельсоочиститель с усиленной и одновременно упрощенной конструкцией крепления. Такое техническое решение в случае схода с рельсов облегчает доступ к месту установки домкратов в лобовой части вагона.

Значительная оптимизация достигнута в производстве сварных деталей, число и номенклатура которых были существенно уменьшены. Благодаря этому сократилось количество чертежей и заготовок, результатом чего стало заметное снижение затрат времени.

Испытания на сжатие кузова, проведенные компанией VÚK V в Праге, показали, что углы окон, расположенных в зоне перехода от низкопольной части к высокопольной, требуют укрепления с целью устранения пиков напряжения в этих местах.

Тележки

В соответствии с техническими условиями заказчика компания Stadler внесла ряд изменений в конструкцию тележек базовых серий поездов Flirt. Принятие осевой нагрузки, равной 20 т, потребовало следующих изменений в конструкции немоторной тележки:

- увеличение толщины листовой стали, из которой изготовлены полки и стойки продольной балки рамы тележки;
- приварка дополнительных ребер жесткости в продольной балке;
- оптимизация формы сварных швов;
- применение тавровых сварных швов вместо угловых в зоне восприятия продольных нагрузок;
- замена литого упора поводка кованым.

Рама моторной тележки поезда усилена в месте установки пневморессор второй ступени подвешивания. Кроме того, для изготовления полок и стоек продольных балок тележки использован стальной лист толщиной 15 мм вместо прежних 12 мм, а во внутренней полости коробчатых балок приварены дополнительные ребра жесткости.

В поддерживающей тележке разница в нагрузках порожнего и населенного поезда составляет более 10 т на ось. Эту разницу должно воспринимать рессорное подвешивание как при работающих пневморессорах, так и при их отказе, когда максимальная скорость ограничивается 90 км/ч. Тележка должна обеспечивать плавность хода и высокую устойчивость против схода. Для выполнения этих требований моторная и немоторная тележки были оснащены новыми комплектами рессор для обеих ступеней подвешивания. Они характеризуются повышенной жесткостью по сравнению с базовыми поездами Flirt. Испытания на проверку склонности к сходам, вы-

полненные в соответствии со стандартами EN 14363 и ERFI B55 RP8, подтвердили правильность выбора характеристик рессорного подвешивания.

В технических условиях заказчика предусмотрен диаметр колес для моторных и немоторных осей соответственно 870 и 760 мм, а в изношенном состоянии — 800 и 690 мм. Указанные размеры новых колес получены в результате увеличения диаметра на 10 мм.

Несмотря на то что масса конечных тележек была несколько снижена за счет отказа от антенны АЛС и несущего ее кронштейна, установка по обоим концам поезда мощных рельсоочистителей с избытком перекрыла эту экономию массы. Кроме того, на всех моторных осях смонтированы лубрикаторы для смазывания гребней колес, как в поезде Flirt, разработанном для компании TILO.

В конструкции рам конечных тележек сохранена кабельная разводка для подключения приборов системы АЛС в расчете на то, что в перспективе поезда оборудуют этой системой.

Сравнительные расчеты на математической модели и результаты типовых испытаний ходовой части поезда Flirt TILO показали, что при подуклонке рельсов 1:20 следует отказаться от использования профиля колеса S1002 в пользу профиля EPS.

Компания Stadler не рекомендует заказчику увеличивать в перспективе максимальную скорость. Это было бы возможно лишь при значительном уменьшении числа мест для едущих стоя. Тем не менее при серийном изготовлении поездов для SNTF на них будут сохранены все упоры для монтажа гасителей колебаний. Это не даст значительного увеличения капитальных затрат, но может оказаться полезным в перспективе и позволит увеличить срок службы поезда.

Внутренняя планировка

В соответствии с техническими условиями заказчика внутренняя планировка вагонов существенно изменена по сравнению с базовым поездом. Кроме того, SNTF придает большое значение хорошей просматриваемости поезда по всей его длине.

Дизайн

Для внутреннего и наружного дизайна SNTF отдало предпочтение светлым, спокойным холодным тонам. Различные упрощения в конструкции потолка и его дизайне, а также в конструкции воздушных и кабельных каналов, центральной полосы светильников, многочисленных стоек и поручней для едущих стоя позволили снизить массу внутреннего оборудования на 15–20% по сравнению с базовым вариантом поезда.

Для лучшей циркуляции холодного воздуха и его равномерного распределения по всей длине вагона была оптимизирована схема расположения впускных отверстий в потолке. Часть этих работ выполнили сразу же после испытаний вагонов в климатической камере на заводе SBB в Ольтене.

Сиденья

Размещение сидений выполнено с учетом условий, выдвинутых заказчиком и предусматривавших отказ от следующего:

- откидных сидений;
- рядного расположения сидений;
- мест первого класса;
- подлокотников;
- подголовников с целью улучшения просматриваемости вагонов поезда.

При этом минимальная ширина сиденья принята равной 460 мм. Обязательным условием было обеспечение большого числа мест для едущих стоя.

Из всех опрошенных компаний, специализирующихся на выпуске сидений для вагонов, лишь две были готовы изготавливать сиденья шириной 460 мм. Прочие компании отказались, так как они обновили техническую базу и теперь выпускают сиденья с другими характеристиками.

В низкопольных зонах вагонов устанавливаются прочные и надежные в эксплуатации сиденья типа Simos, а в высокопольных зонах концевых вагонов — более мягкие сиденья типа Match с обивкой. Все сиденья Simos имеют консольное крепление.

Каждое сиденье вместе с основанием (без учета консоли крепления) имеет массу менее 13 кг, что дает значительный вклад в решение проблемы снижения массы тары вагона.

Двери

По своим размерам и типу привода двери нового поезда соответствуют дверям базового поезда Flirt. Пространство для размещения подвижного мостика также не претерпело изменений. С целью оптимизации условий монтажа, массы и размещения воздушных каналов было принято решение использовать для этого зоны дверных порталов.

Компания Stadler разработала специальный многофункциональный экструдированный профиль с внутренним каналом, идущим от потолка вниз до пола. По этому каналу подается горячий воздух для отопления вагона. Профиль снабжен отводами для подключения потолочного отопительного канала и монтажа впускных решеток. В полостях профиля также имеются приливы и места крепления многочисленных кабелей и трубопроводов. Применение такого сложного профиля позволило значительно упростить монтаж и снизить общую массу вагона.

Межвагонные переходы и вспомогательное оборудование

Вся конструкция межвагонных переходов, их обшивки и расположенных в этих переходах аппаратных шкафов подверглась основательной переработке в соответствии с пожеланиями заказчика. В результате общая масса вагонного перехода снижена на 10% по сравнению с базовым вариантом.

Согласно техническим условиям заказчика пассажирские салоны оснащены огнетушителями. Для защиты от вандализма каждый огнетушитель оборудован стальным держателем, снабженным акустическим сигнальным устройством. Последнее включается, если огнетушитель извлечь из держателя, и отключается, если его вернуть на место.

Отопительные каналы вместо нагревательных регистров

Внутреннее оборудование вагонов спроектировано в соответствии со стандартом EN 14750-1. Исходя из того, что минимальная температура воздуха в Алжире составляет -5°C , SNTF отказалось от энергоемкой системы отопления вагонов, базирующейся на применении громоздких и неудобных в монтаже и эксплуатации электронагревательных регистров. Вместо этого под крышей по длине вагона проложены каналы для холодного и горячего воздуха. От них в зонах вагонных переходов, с обеих сторон дверных порталов, а также перед стенкой, отделяющей кабины концевых вагонов от пассажирских салонов, ответвляются распределительные каналы, из которых теплый воздух подается в пассажирские салоны. Использование данной концепции отопления позволило снизить массу каждого вагона на 100 кг. Выигрыш в массе несколько уменьшается за счет уста-

новки на крыше компактного нагревательного регистра системы кондиционирования воздуха.

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

Новая система кондиционирования воздуха разработана также согласно стандарту EN 14750 – 1. Вентиляция пассажирских салонов осуществляется с помощью приточного вентилятора, установленного на крыше вагона, и системы воздушных каналов, расположенных в зоне потолка.

Подача холодного воздуха резервирована. Для этой цели используются два приточных вентилятора, включенных по схеме резервирования. Система отопления, реализуемая с помощью подачи подогретого воздуха в пассажирский салон, интегрирована в установку кондиционирования воздуха. Воздух, подогретый в этой установке, по каналам направляется вниз и подается в салон через решетки в боковых стенках.

В режиме охлаждения подогретый воздух поступает в салон из потолочных каналов. Переключение системы кондиционирования из режима охлаждения в режим отопления и наоборот выполняется специальным клапаном. В воздухопроводы крышевой установки кондиционирования интегрирован глушитель.

Отработавший воздух отводится через потолочную зону. Часть его возвращается в циркуляционный контур, а остальное выбрасывается наружу.

Забор свежего воздуха регулируется тремя ступенями в зависимости от наружной температуры и населенности вагона. Таким образом, соотношение между объемом свежего и циркуляционного воздуха является переменной величиной.

Для очистки свежего воздуха используется пылевой фильтр, в котором происходит центробеж-

ное осаждение частиц. Отфильтрованные из воздуха частицы песка и пыль выдуваются на крышу вагона. Фильтр интегрирован в установку кондиционирования воздуха. В ее работе возможны следующие режимы:

- штатные: отопление, вентиляция или охлаждение воздуха;
- предварительный обогрев или охлаждение пассажирских салонов и кабины машиниста в режиме циркуляции воздуха (при большой разнице между заданной и фактической температурой в момент включения поезда в работу или после выхода его из отстоя);

- отстой, в котором необходимо обогревать вагоны с помощью воздуха, подогретого в установке кондиционирования, если температура в них опустилась ниже +10 °С. Обогрев кабины осуществляется конвекционным способом с помощью установленного в ней электронагревательного регистра. Защита пассажирских салонов от перегрева в отстое осуществляется, если температура внутри превысила +26 °С с пониженной производительностью вытяжного вентилятора и при полностью открытых клапанах подачи наружного воздуха. При температуре выше +37 °С режим отстоя отключается и система кондиционирования переходит в штатный режим охлаждения;

- с закрытыми решетками забора свежего воздуха на мойке и во время песчаных бурь;

- в случае отказов установки возможен чисто вентиляционный режим.

Установка кондиционирования воздуха обеспечивает эффективное охлаждение воздуха при наружной температуре до +55 °С и относительной влажности 90%. Мощность для системы охлаждения пассажирских салонов рассчитана в соответствии со стандартом EN 14750-1, климатическая зона 1, категория подвижного состава А.

Циркуляция воздуха в режиме охлаждения

Кондиционированный воздух из установки направляется в крышевые каналы. Оттуда по всей длине вагона охлажденный воздух подается через решетки в помещение.

Отработавший воздух уходит из пассажирского салона через щели между боковыми стенками и облицовкой потолка в пространство под крышей. Оттуда он выбрасывается наружу с помощью установки кондиционирования.

Двери и выдвижной мостик

Технические условия на конструкцию дверей и выдвижных мостиков аналогичны тем, которые были разработаны для базовых поездов. В то же время приняты дополнительные меры для борьбы с вандалами, которые препятствуют автоматическому закрыванию дверей, закладывая в их направляющие балластный щебень. Причину этого следует искать в особенностях эксплуатируемого в настоящее время подвижного состава, в котором только открытые во время движения двери обеспечивают какую-то вентиляцию. Окна из соображений безопасности постоянно заблокированы в закрытом состоянии. В отличие от поездов Flirt этот подвижной состав не оборудован блокировкой, запрещающей движение при открытых дверях.

Компания Stadler решила эту проблему на программном и аппаратном уровнях. Механическая часть напольной блокировки была полностью переработана. В результате получена конструкция, позволяющая перед закрытием дверей с помощью башмака специального профиля, скользящего по направляющим, удалять из них посторонние предметы, предотвращая таким образом заклинивание дверей. Таким же устройством оборудованы и выдвижающиеся мостики.

Мощность этих защитных устройств, задаваемая стандартом EN 14752, в общем невелика. Окажется ли она достаточной для предотвращения вандальных действий, покажет коммерческая эксплуатация. В случае необходимости мощность устройств может быть повышена по согласованию с заказчиком. Устройства блокировки дверей и выдвижных мостиков поставляет один и тот же изготовитель, поэтому для них может быть разработано общее программное обеспечение.

Остекление дверей значительно усовершенствовано в соответствии с климатическими особенностями Алжира. Наружное стекло толщиной 8 мм и внутреннее толщиной 4 мм, образующие стеклопакет, снабжены покрытием Auresin-39/25, снижающим ультрафиолетовое и инфракрасное излучение. Это же реализовано и в конструкции окон, на которых дополнительно с наружной стороны наклеена защитная пленка SCL SR PS 6.

Система управления выдвижным мостиком не требует дорогого программного обеспечения. Мостик начинает выдвигаться по команде машиниста и движется до тех пор, пока не упрется в край платформы. После этого он останавливается и отодвигается назад на 10 мм. Таким образом, максимальный зазор, который легко преодолевают пассажиры на инвалидных колясках, не превышает 10 мм. Если высота платформы меньше чем 550 мм над УГР, то мостик либо выдвигается на полную длину 360 мм, либо не выдвигается вовсе.

Кабина машиниста

Конструкция и планировка кабины машиниста отвечают требованиям документа МСЖД 651. В отношении наружного дизайна головной части заказчик выразил желание, чтобы различия с базовым поездом были минимальными. В

то же время здесь были реализованы некоторые улучшения:

- кондиционер кабины, так же как и установки кондиционирования воздуха пассажирских салонов, оснащен пылевым фильтром;

- место помощника машиниста перемещено с левой стороны на правую. При этом также поменялись местами раздвижное и поворотное окна;

- пульт машиниста переработан на основе результатов оценочного анализа. Он стал более удобным в монтаже и ремонте, его верхние панели выполнены откидными;

- установлен мусоросборник.

Как для заказчика, так и для компании Stadler одной из важнейших задач в области технического проектирования была разработка современной технологии технического обслуживания поездов с учетом особенностей климата Алжира. Эта задача успешно выполнена. Правила технического обслуживания изложены в соответствующей документации, предназначенной для машинистов и обслуживающего персонала, а также нашли отражение в программном обеспечении. В основном правила и технологии обслуживания базируются на соответствующих документах, выпущенных для поездов компаний T1LO и SBB, однако целый ряд функций имеет существенные отличия. Кроме того, разработаны некоторые новые функции, связанные, например, с тем, что на железных дорогах Алжира, в отличие от SBB, полностью отсутствуют автоматические системы обеспечения безопасности движения поездов и устройства АЛС.

Безопасность движения поездов

На подвижном составе SNTF, где отсутствуют какие-бы то ни было устройства типа автостопа, установлены лишь системы контроля бдительности машиниста и регист-

рирующие скоростемеры. На поезде Flirt они реализованы в виде приборов Vacma и Telos 2500.

Значительно больше внимания заказчиком уделено противодальным мерам. Так, в каждом тамбуре имеется устройство экстренной связи с машинистом, которая включается в случае воздействия на рукоятку экстренной остановки, требующего немедленного торможения. Эта рукоятка смонтирована в верхней части устройства связи.

Все внутреннее пространство вагонов контролируют 16 видеокамер (по четыре на вагон). Они расположены на потолке вагонов и позволяют контролировать 100% площади поезда. Каждая камера посылает в запоминающее устройство до шести изображений в секунду. Видеоизображения накапливаются в устройстве памяти, рассчитанном на съемку в течение 72 ч. После этого более старая информация стирается, что позволяет продолжать видеосъемку. Как только срабатывает рукоятка экстренного торможения, видеокамера зоны, прилегающей к устройству связи, начинает съемку и передачу изображений в устройство памяти.

В поезде предусмотрена двухступенчатая система блокировок. Как и на всех других поездах Flirt, здесь имеется блокировка доступа к высоковольтному оборудованию. Так, работы по обслуживанию тяговых преобразователей можно проводить только в том случае, если поезд отключен от контактной сети и заземлен. При этом должен быть обеспечен запрет автоматического повторного включения.

Блокирование опасных зон осуществляется с помощью системы замков и ключей, обеспечивающей ступенчатую иерархию с частичным перекрытием ступеней: четырехгранный ключ, ключ Tubus, а также ключ Каба для обслуживающего персонала, полиции и машиниста. Ключи Каба имеют нумерацию и при этом персонифицирова-

ны. Каждому обладателю ключа в соответствии с номером разрешен доступ в ту или иную зону поезда. Так, лицо, имеющее только четырехгранный ключ, не может даже попасть в поезд. Ни один из ключей не дает возможности доступа в любую зону, а также нет такого лица, которое имело бы полный набор ключей для всех зон.

Окна

Технические условия заказчика содержали следующие требования:

- одинарное закаленное стекло внутри вагона (без второго защитного слоя);

- защитный слой из плексигласа снаружи;

- в каждом вагоне два открывающихся окна с запорами, предназначенных для аварийной вентиляции и постоянно находящихся в закрытом или открытом состоянии;

- в каждом вагоне четыре окна, предназначенные для аварийного выхода. Согласно документу МСЖД МВ 564-1 они имеют внутри и снаружи одинарное закаленное стекло;

- отсутствие штор, но наличие защитного металлического напыления, ограничивающего воздействие ультрафиолетового и инфракрасного излучения.

Уже на стадии заключения контракта было понятно, почему заказчик настаивает на таком необычном решении, как плексиглас на наружной поверхности окна. Все пригородные поезда в Алжире имеют такие окна, так как в эксплуатации в них часто попадают частицы балласта. Это явственно видно по многочисленным следам от ударов щебня на оконных рамах, выполненных из нержавеющей стали.

Однако известно, что плексигласовое окно способствует значительной инфракрасной радиации, в связи с чем требуются повышенные затраты энергии на охлаждение воздуха в вагонах. Обеспечить

это требование можно лишь увеличить мощностью преобразователя, питающего вспомогательные устройства.

В связи с тем что плексиглас и стекло имеют разные коэффициенты расширения, создать пакет из этих слоев, герметизированный по краям, невозможно. Затемняющую металлизацию поверхностей здесь осуществить также нельзя, так как из-за отсутствия герметичности напыленный металлический слой быстро окисляется.

Требования пожарной безопасности согласно инструкции NF F 16-101 с такими окнами также трудно выполнить. Они имеют короткий срок службы, обусловленный солнечной радиацией, высоким содержанием соли в воздухе и пылевыми бурями в пустыне. Плексиглас желтеет, мутнеет и становится хрупким. Толщина плексигласовой панели должна быть не менее 12 мм, чтобы ее прогиб при встрече поездов с результирующей скоростью 240 км/ч был меньше 25 мм.

В четырехвагонном поезде 16 окон, предназначенных для аварийного выхода, имеют одинарные закаленные стекла, рассыпающиеся при ударе на мелкие осколки, что очень привлекает вандалов.

Для решения всех этих проблем компания Stadler предложила следующие меры:

- эксперименты для проверки устойчивости окон против ударов камней на макете в масштабе 1:1, что позволит оценить эффективность противовандальных мер;
- склероскопические испытания согласно требованиям французского стандарта NF F 31-129;
- увеличение толщины наружного стекла (8 мм в дверях и окнах для аварийной вентиляции, 10 мм — во всех остальных окнах);
- наклеивание с наружной стороны специальной пленки, защищающей стекло от ударов камней. По краям эта пленка не доходит до резинового уплотнения стеклопакета,

благодаря чему функции запасного выхода не нарушаются.

Заказчик принял эти предложения, в том числе и исполнение окон в чисто стеклянном варианте, тем более что это давало ряд преимуществ как в технико-экономическом (увеличенный срок службы, выполнение противопожарных требований), так и в эстетическом плане.

Открывающиеся окна должны удовлетворять следующим требованиям:

- физические характеристики такие же, как у неоткрывающихся окон (МСЖД 566);
- самоблокирование в открытом состоянии и снятие блокировки с помощью ключа Tubus;
- самоблокирование в закрытом состоянии и снятие блокировки ключом Tubus;
- самоторможение при открывании (масса подвижной части около 30 кг).

На рынке не было окон с этими характеристиками, поэтому компания Stadler специально для данного проекта, а также для перспективных заказчиков разработала прочную конструкцию такого окна.

Тяговый привод

Основные технические данные тягового привода уже были приведены ранее. Передаточное число

редуктора составляет 1:4,8309, как у поездов Flirt базовой модификации. Приведенные на рис. 3 тяговые и тормозные характеристики построены для поезда с половинным износом профиля колес при напряжении 25 кВ в контактной сети, имеющей возможность приема рекуперированной энергии.

Схема тягового привода разработана таким образом, что при низком напряжении в контактной сети зависимость потребляемой энергии от мощности и тяговая характеристика имеют емкостный характер. При высоком напряжении и в режиме рекуперации зависимость вырабатываемой энергии от мощности и тормозная характеристика имеют индуктивный характер (рис. 4, 5).

Тяговые агрегаты и общая компоновка электрооборудования

Оба тяговых агрегата поезда имеют одинаковые схемы и компоновку (рис. 6). Таким образом, как тяговое, так и вспомогательное оборудование каждого агрегата резервированы. Это относится также к тяговым трансформаторам и высоковольтному оборудованию. Каждый тяговый двигатель регулируется относящимся к нему преобразователем. Тактовое регулирование обоих тяговых преобразователей

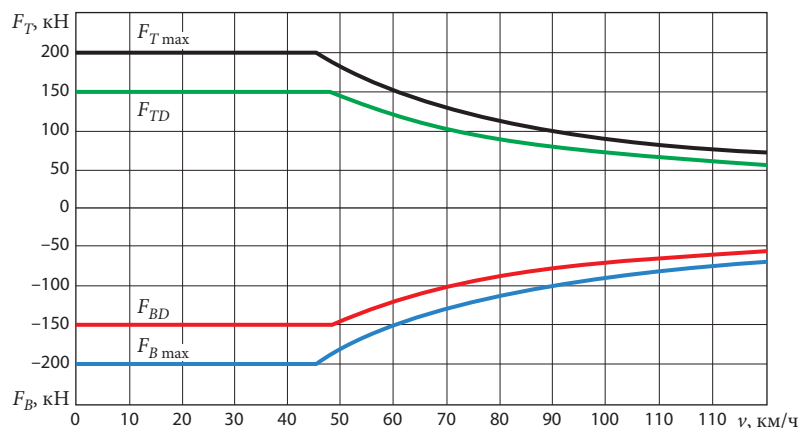


Рис. 3. Тяговые и тормозные характеристики поезда: F_T — сила тяги; F_B — сила торможения; v — скорость движения

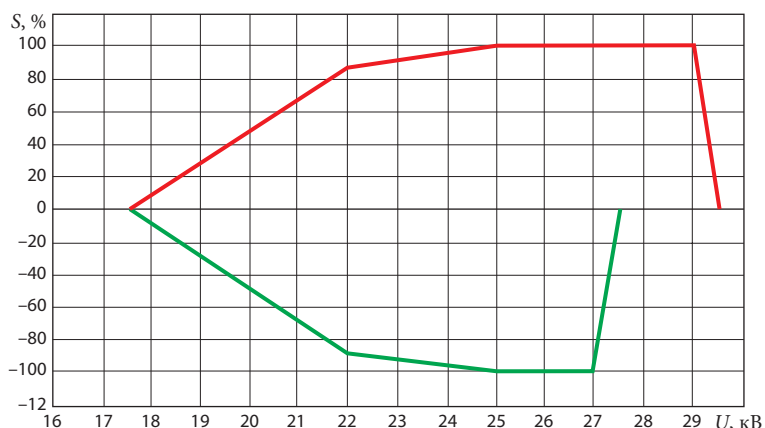


Рис. 4. Зависимость кажущейся мощности S от напряжения в контактной сети U

как с сетевой, так и с тяговой стороны базируется на принципе широтно-импульсной модуляции.

Регулирование сил сцепления с помощью противоюзной и противобоксочной защиты интегрировано в систему регулирования преобразователя. Обмен информацией происходит через шину CAN. Все задаваемые и истинные значения, а также диагностические данные передаются через эту же шину.

Энергия из контактной сети через однорычажный токоприемник подается на один из двух промежуточных вагонов (условно вагон С). Отсюда по высоковольтному кабелю напряжение подводится к главным выключателям обоих конечных моторных вагонов. Перед выключателями и после них включены разрядники, защищаю-

щие цепи поезда от перенапряжений. От главного выключателя напряжение по высоковольтному кабелю приходит на тяговый трансформатор.

Трансформатор напряжения, включенный до главного выключателя, измеряет напряжение, подводимое от контактной сети. Команда на включение главного выключателя может быть подана лишь в том случае, если измеренная величина напряжения не выходит за допустимые границы. Трансформатор тока, включенный после главного выключателя, защищает поезд от токовой перегрузки.

В каждом из моторных вагонов (вагоны А и В) имеются два машинных отделения с обеих сторон от центрального прохода. В этих отделениях размещено тяговое и вспомо-

гательное оборудование, скомпонованное в две основные группы. В правом (по ходу поезда) отделении расположены:

- сетевой регулятор и тяговый инвертор (1А и 1В) с интегрированным преобразователем питания вспомогательных устройств;
- панель с контакторами управления вспомогательными устройствами;
- шахта охлаждения для тяговых двигателей (1А и 1В);
- аккумуляторные батареи;
- зарядный агрегат.

В левом отделении находятся:

- сетевой регулятор и тяговый инвертор (2А и 2В) с интегрированным преобразователем, питающим вспомогательное оборудование;
- панели с пневмооборудованием;
- кондиционер кабины машиниста;
- шахта охлаждения тяговых двигателей (2А и 2В).

На крыше размещены:

- трансформатор с двумя тяговыми и одной отопительной обмотками;
- по одному тормозному резистору на каждый тяговый преобразователь;
- разрядники;
- трансформатор напряжения;
- главный выключатель;
- компрессор;
- вентиляторы охлаждения тяговых двигателей, воды и масла.

На задней стенке кабины машиниста, изолирующей ее от обоих машинных отделений, расположены две панели электронного оборудования.

Через решетку в скосе крыши и фильтр забирается воздух, который подводится для охлаждения тягового оборудования. Вентилятор создает поток воздуха для охлаждения преобразователей и трансформатора. Другой вентилятор охлаждает тяговые двигатели.

Охлаждаемый минеральным маслом трансформатор имеет одну первичную обмотку и три вторичных, из которых две тяговые, под-

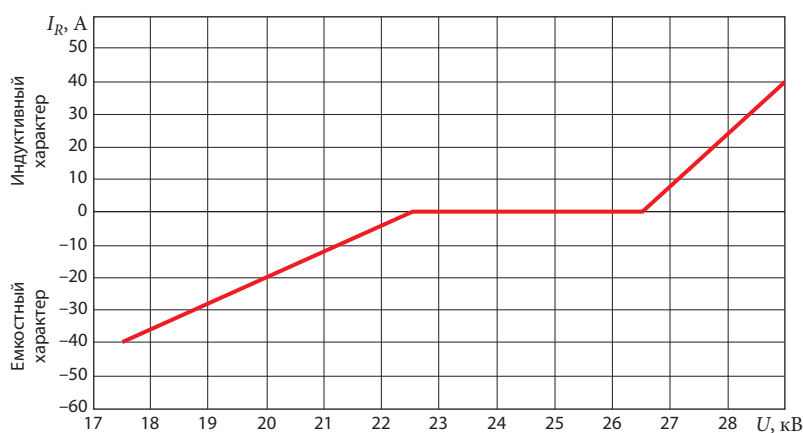


Рис. 5. Изменение характера реактивной нагрузки I_R от напряжения в контактной сети

ключенные к преобразователям, и одна отопительная.

Сетевой регулятор работает на основе широтно-импульсной модуляции с импульсами синусоидальной формы. Благодаря униполярному тактированию снижается ток высших гармоник, и их частоты, измеряемые на первичной стороне, удваиваются. Регулирование позволяет реализовать режим работы с коэффициентом мощности, близким к единице. Это способствует снижению уровня высших гармоник и стабилизации работы сети.

Тяговые двигатели

Каждый тяговый двигатель получает питание от отдельного инвертора.

При рекуперативном торможении поезд имеет возможность возвращать в сеть энергию. Если сеть не в состоянии ее принять, она гасится на тормозных резисторах, расположенных на крыше.

В каждой моторной тележке установлены два асинхронных трехфазных тяговых двигателя. Они имеют четырехполюсное исполнение и охлаждаются отдельно смонтированными вентиляторами.

Поезд эксплуатируется в экстремальных климатических условиях с наружной температурой до +55 °С, что было учтено при разработке характеристик тяговых двигателей. На клеммы двигателя подается повышенное напряжение, благодаря чему потребляемый ток несколько снижается во всем диапазоне изменения частоты вращения. При трогании величина тока составляет 1160, а не 1400 А, как на поездах Flirt базовой серии. При этом двигатель меньше нагревается и, следовательно, работает с меньшими потерями. Результатом этого стало некоторое уплощение теоретической тяговой характеристики в диапазоне скорости

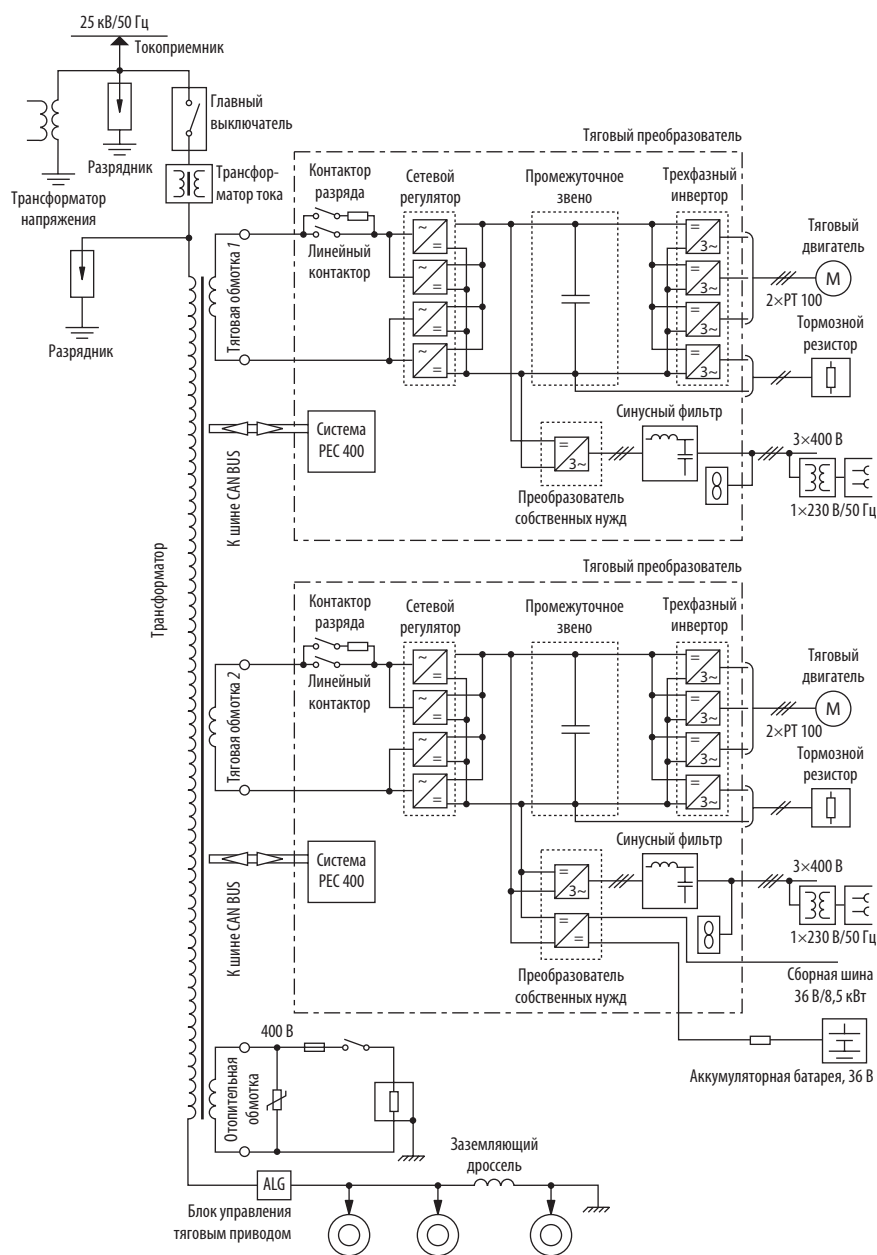


Рис. 6. Схема тяговых цепей поезда

135–160 км/ч, однако в данном случае, когда допустимая максимальная скорость равна 120 км/ч, это не имеет значения. Когда же в перспективе максимальная скорость будет повышена, это обстоятельство также не будет особо существенным, так как линии эксплуатируемой сети SNTF в основном проходят по равнине, а расстояния между остановочными пунктами достаточно большие.

Каждый тяговый двигатель оборудован двумя температурными зондами типа РТ–100, контролирующими температуру обмоток и связанными с цепью включения вентиляторов охлаждения. На торце оси колесной пары установлен датчик частоты вращения, сигнал которого используется в схеме регулирования тяговых инверторов и в устройстве защиты от юза и боксования.

Отвод обратного тягового тока в рельсы осуществляется через две заземляющие щетки. Защитный заземляющий дроссель осуществляет развязку между этими двумя щетками и третьей щеткой, выполняющей функцию защитного заземления. В схему тягового преобразователя интегрирована защита от токов короткого замыкания на землю.

Тормоза и пневматическая система

Важнейшими компонентами пневматического и тормозного оборудования являются:

- установка для производства и подготовки сжатого воздуха, используемого не только для системы торможения, но и для других устройств. Поезд имеет две такие установки, которые расположены на крышах вагонов С и D в шумоизолирующих корпусах;

- блок распределения сжатого воздуха в системе, состоящий из двух пневматических панелей. Они размещены за обшивкой межвагонных переходов промежуточных вагонов С и D. На одной из панелей находится питающий электропневматический клапан;

- пневматические панели системы торможения расположены в машинных отделениях концевых моторных вагонов А и В. На этих панелях размещены элементы системы электрического и пневматического управления пневматическим тормозом моторных тележек. Кроме того, здесь смонтированы компоненты различных блокировок, датчики давления, а также вентиль быстродействующего тормоза системы обеспечения безопасности движения;

- панели системы торможения, расположенные в шкафах, установленных на торцевой стенке вагона С (у перехода в вагон D), содержат элементы, связанные с тормозным краном машиниста, и устройства

регулирования давления в тормозных цилиндрах трех немоторных тележек. Отсюда также подается питание в пневмобаллоны системы вторичного рессорного подвешивания немоторных тележек;

- устройства защиты от юза и боксования, которыми оборудованы все тележки. Это устройство состоит из противобоксовочных клапанов каждой оси и управляющего компьютера. Вентили для моторных тележек находятся на панелях в машинных отделениях, а для немоторных — на торцевых стенках вагонов в непосредственной близости от тележек. Это необходимо для уменьшения длины и сечения воздушных шлангов;

- оборудование, установленное на тележках, к которому относятся тормозные цилиндры (на моторных тележках в них интегрированы пружинные аккумуляторы), тормозные диски, воздушные рессоры с клапаном, регулирующим их высоту. На моторных тележках также смонтированы лубрикаторы гребня колеса и устройства пескоподачи;

- пневматический индикатор для пробы тормозов, который позволяет выполнять пробу тормозов с пути также для буксируемого поезда;

- две пневматические панели, расположенные в зонах перехода из вагона А в вагон D и из вагона В в вагон С. Здесь установлено по одному вспомогательному компрессору для снабжения сжатым воздухом токоприемника и главного выключателя;

- прочие потребители сжатого воздуха, такие, как тифон, зеркало заднего вида и пневмоцилиндр упругого опирания кресла машиниста. Стеклоочистители и дверные механизмы имеют электрический привод.

Сжатый воздух вырабатывают два охлаждаемых воздухом безмасляных поршневых компрессора с двумя ступенями сжатия. В качестве привода компрессоров служит асинхронный двигатель с двумя вы-

ходными валами. Один конец вала соединен с компрессором. Забор атмосферного воздуха осуществляется через фильтр. Второй конец вала вращает вентилятор, который обдувает компрессоры, а также через кольцевой теплообменник охлаждает выработанный сжатый воздух. После каждой ступени сжатия установлены предохранительные клапаны, защищающие систему от избыточного давления. В нормальном режиме компрессор включается при давлении в системе 8 бар и отключается при 10 бар.

В нормальном режиме для снабжения воздухом всего поезда достаточно производительности одного компрессора. Однако для того, чтобы избежать перегрева компрессоров, схема управления запускает сразу оба в отличие от поездов Flirt базовой модификации. При этом, как уже отмечалось, поезд снабжен двумя вспомогательными компрессорами. Они включаются автоматически в случае падения давления в питающей магистрали. Один из них питает группу токоприемник — главный выключатель моторного вагона А, другой — вагона В. В случае если вспомогательный компрессор в течение 5 мин работы не смог восстановить давление в магистрали до уровня, обеспечивающего возможность подъема токоприемника, генерируется соответствующее диагностическое сообщение, после чего компрессор отключается.

После двухкамерного осушителя выработанный сжатый воздух подводится к малой пневматической панели. Здесь он отфильтровывается, прежде чем попасть в главный воздушный резервуар и далее в тормозную систему. Клапан повышенного давления защищает пневматические цепи при отказе системы регулирования компрессоров или если машинист после нажатия кнопки «Прямое включение компрессора» не деблокировал ее, прежде чем давление достигло уровня, пре-

высшего верхний предел. Клапан срабатывает при давлении 10,5 бар, понижая давление в системе до 7 бар.

Общий объем главного воздушного резервуара 600 л. Питающая магистраль отделяется от компрессора и главного резервуара электропневматическим клапаном (например, при обесточенном поезде). Давление в питающей магистрали контролируется. Если давление в питающей магистрали падает ниже 5,5 бар, на мониторе в кабине машиниста появляется сигнал тревоги и включается экстренное торможение.

Поезд оснащен тормозами трех систем: электродинамическим тормозом, пневматическим дисковым на моторных тележках с пружинным аккумулятором энергии и магнитно-рельсовым на двух немоторных тележках.

Через поезд проходят две воздушные магистрали:

- магистраль главного воздушного резервуара, которую также называют питающей магистралью, с давлением до 10 бар. Она снабжает сжатым воздухом всех потребителей;

- главная воздушная магистраль с давлением до 5 бар для управления непосредственным пневматическим тормозом.

Пневматический тормоз отдельно или в сочетании с электродинамическим может работать в следующих режимах:

- как непосредственный, активируемый машинистом с помощью рукоятки «Тяга/Торможение», расположенной справа на пульте машиниста. Он регулируется системой управления поезда в зависимости от положения задающей рукоятки и может дополняться электрическим тормозом. В этом режиме электропневматический регулятор обеспечивает давление воздуха в тормозных цилиндрах, пропорциональное величине тока электрического тормоза;

- как непосредственный, работающий в зависимости от падения давления в главной магистрали. Он управляется с помощью тормозного крана машиниста, расположенного слева на пульте, который соответствующим электрическим сигналом воздействует на блок «Торможение/Отпуск». Последний устанавливает необходимую величину давления в тормозных цилиндрах.

Экстренное торможение с рядовой главной магистрали осуществляется с помощью клапана экстренного торможения, имеющего электропневматическое управление. Он может быть включен разными способами: тормозным краном машиниста, рукояткой «Тяга/Торможение», системой управления. Дополнительно главная магистраль может разряжаться механически с использованием тормозного крана машиниста в позиции экстренного торможения или ударной грибовидной кнопкой.

Дефект в блоке «Торможение/Отпуск», являющемся электрической частью тормозного крана машиниста, всегда приводит к полному торможению. Рукояткой «Тяга/Торможение», находящейся в положении «Торможение», машинист устанавливает задаваемое значение общей силы торможения поезда. Независимо от этой рукоятки можно всегда с помощью тормозного крана машиниста и электрического блока «Торможение/Отпуск» включить пневматический тормоз.

Система информирования пассажиров

Новая система для информирования пассажиров впервые установлена на поездах Flirt, разработанных для Польши и Алжира. В ее состав входят:

- панель управления;
- микрофон на гибкой подставке;
- лобовые, боковые и внутренние указатели;

- стойка экстренной связи с машинистом;
- распределительный блок.

Система информирует пассажиров с помощью электронных табло и голосовых сообщений о названии следующей станции. Передается также другая информация. Для каждого маршрута названия станций и остановочных пунктов помещаются в запоминающее устройство, благодаря чему все объявления делаются в автоматическом режиме. В ручном режиме сообщения на табло посылаются с помощью панели управления, а голосовые объявления передаются через микрофон. Помимо этого, возможна громкая связь между кабинами. Всего в поезде имеется два лобовых указателя маршрута, восемь боковых указателей и восемь внутренних табло, на которые выводятся тексты на французском и арабском языках.

Установки громкоговорящей связи имеются в обеих кабинах. Каждая из них состоит из микрофона на гибкой подставке и контрольного динамика с регулируемой громкостью. Все динамики в поезде разделены на две группы.

В каждом тамбуре установлена стойка экстренной связи с машинистом, на которой имеются вызывная кнопка, микрофон и громкоговоритель. Для активации стойки необходимо потянуть на себя рукоятку, расположенную сверху, что соответствует требованию экстренной остановки поезда. При этом к машинисту приходят акустический и световой сигналы. Если машинист квитировал это сообщение, включается режим разговора.

Обучение и тренажер для машинистов поездов Flirt SNTF

Согласно контракту компания Stadler провела обучение 12 алжирских машинистов-инструкторов в Швейцарии и Алжире. Про-

грамма теоретической части курса на французском языке и практического обучения была разработана специалистами компании. Второй этап учебы проходил в Алжире. В ходе учебных поездок моделировались графические и чрезвычайные ситуации. Все машинисты-инструкторы по окончании обучения сдали устный и письменный экзамены.

При обучении рядовых машинистов учебные поездки на линии требуют больших затрат энергии и проводятся с занятием перегонов. Эти недостатки частично можно обойти, используя обучающий тренажер. В обычном исполнении он представляет собой пульт управления, который должен быть как можно ближе к реальному. Он дополнен моделью локомотива или моторвагонного поезда, созданной с помощью компьютера, а также выведенной на экран моделью пути с путевыми сигналами. При изменении типа локомотива и его программного обеспечения необходимо обновление всей системы тренажера, что требует значительных затрат.

Компания Stadler и Высшая школа Берна (BFH) разработали тренажер нового типа, устанавливаемый на оригинальном тяговом подвижном составе. Все системы (в том числе и программное обеспечение) локомотива или поезда, на котором базируется тренажер, находятся в рабочем состоянии, кроме следующих:

- тягового преобразователя, который отключен из соображений безопасности;
- стояночного тормоза с пружинным аккумулятором энергии, заблокированного в состоянии торможения;

- агрегатов, загрязняющих окружающую среду: лубрикаторов гребня колеса, системы пескоподачи и др.

Динамика движения поезда и отключенные компоненты моделируются персональным компьютером, подключенным к системе управления поездом. Кроме того, компьютер моделирует путь по введенным параметрам. Электроснабжение поезда-тренажера осуществляется от контактной сети или через специальный разъем в депо.

Путь отображается на большом экране, размещенном в кабине, как видеофильм или как виртуальная 3D-модель. Инструктор может по своему усмотрению менять показания путевых сигналов и характеристики пути в видеофильме.

Объем аппаратного обеспечения для создания такого тренажера на реальном подвижном составе относительно невелик. Требуется лишь установить большой видеоэкран в кабине, организовать рабочее место инструктора с персональным компьютером и двумя мониторами, а также реализовать интерфейс для соединения компьютера с системой управления поезда.

Затраты на программное обеспечение ограничиваются работами по согласованию программ с системой управления поезда, а также моделированием на компьютере динамики движения поезда и параметров пути. Этот тренажер заказали многие частные железнодорожные компании Швейцарии, а некоторые уже успешно используют его.

Впервые демонстрация тренажера была проведена на международной выставке InnoTrans 2008 в Берлине. Этот тренажер был смонтирован в одной из кабин первого поезда Flirt SNTF с номером 101.

Заключение и перспективы

В начале мая 2009 г. в торжественной обстановке президент Алжира Абдельазиз Бутефлика открыл первую очередь городской железной дороги столицы, г. Алжира. На следующий день (3 мая 2009 г.) началась регулярная эксплуатация поездов Flirt на сети SNTF, а именно на участках Алжир — Эль-Афрун и Алжир — Тения. К тому времени было поставлено 22 поезда из заказанной партии в 64 ед. Завершение поставок запланировано на конец 2010 г. Поезда, изготавливаемые в Буснанге, по железной дороге на локомотивной тяге (две базовые секции в составе) идут в порт Савона в Северной Италии. Оттуда в Алжир они доставляются на железнодорожном пароме.

Поскольку в соответствии с контрактом компания Stadler должна в течение 10 лет выполнять работы по техническому обслуживанию поездов Flirt, она создала филиал в Алжире (STAAL), возглавляемый швейцарским специалистом, владеющим французским языком. Он осуществляет руководство всеми работами по техническому обслуживанию поездов. Кроме того, в этом филиале работают шесть алжирских инженеров, которые прошли подготовку в Буснанге. В середине 2010 г. STAAL получит современный технический центр по обслуживанию поездов Flirt, расположенный в пригороде Алжира. До этого техническое обслуживание проводится в модернизированном депо, расположенном в черте города.

M. Wiegleb. Eisenbahn-Revue, 2009, № 5, S. 232–238; № 6, S. 299–304; материалы Berner Fachhochschule (<https://intranet.ti.bfh.ch>) и компании Stadler (www.stadlerrail.com)