

как излучения шума и вибрации, так и количества выделяемых с выхлопными газами дыма, вредных составляющих и твердых частиц. Это позволяет использовать тепловозы на подземных участках линий сети RER.

Так, уровень шума, излучаемого тепловозами, отвечает техническим требованиям, сформулированным при составлении заказа на модернизацию и предусматривавшим, например, что при работе на открытом воздухе уровень шума в кабине управления не должен превышать 80 дБ(А) при открытых (для обеспечения машинисту видимости сигналов) окнах, а во время стоянки при неработающих дизелях максимальный уровень шума, производимого системой вентиляции в форсированном режиме, не должен превышать 60 дБ(А) на уровне головы машиниста при закрытых окнах.

Перспективы

По мнению специалистов VFLI, в Европе рынок модернизации тепловозов с ремоторизацией может охватывать до 70 % численности тепловозного пар-

ка, или несколько тысяч поездных и маневровых локомотивов мощностью от 300 до 3000 л. с. Остальные 30 % подлежат замене новыми.

Средний возраст большинства тепловозов, эксплуатируемых в Европе на железных дорогах и подъездных путях промышленных предприятий, приближается к 30 годам, и за счет модернизации и ремоторизации (при условии удовлетворительного состояния механической части) можно продлить срок их службы с одновременным улучшением технико-эксплуатационных характеристик.

Группа VFLI выполняет заказы на модернизацию и ремоторизацию тепловозов разных серий для железных дорог Бельгии, Швейцарии и ряда промышленных компаний Франции. Национальное общество железных дорог Франции следило за ходом модернизации тепловозов серии ВВ 63500 для RATP, с тем чтобы по ее результатам, возможно, также принять решение о распространении этого опыта на свой тепловозный парк.

T. Escolan. Revue Générale des Chemins de Fer, 2003, № 9, p. 40 – 47.

Механическая часть поезда серии С 1.9 метрополитена Мюнхена

Разработанные компаниями Siemens и Bombardier Transportation поезда метрополитена серии С 1.9 относятся к новому поколению электроподвижного состава. Это касается в основном дизайна, выгодно отличающего их от подвижного состава метрополитена других типов. В техническом плане эти поезда характеризуются высокой плавностью хода, пониженным уровнем шума и надежностью. Десять поездов, поставленные в 2002 – 2004 годах, уже эксплуатируются, следующая партия из восьми поездов находится в стадии изготовления. Компания Siemens отвечает за электрическую часть, Bombardier Transportation — за механическую.

Мюнхен располагает современными линиями метрополитена, по которым в 2002 г. было перевезено 303,8 млн. пассажиров. В эксплуатации с 1971 г. находятся 194 двухвагонных поезда серии А, а с 1981 г. — 63 также двухвагонных серии В.

Для обслуживания расширяющейся сети и частичной замены старого подвижного состава в декабре 1997 г. городское транспортное предприятие Мюнхе-

на заказало десять шестивагонных поездов. Кроме того, также предусматривалась возможность дополнительной поставки еще восьми поездов. Поставщиком является консорциум, в который вошли Siemens Transportation Systems (Siemens TS) в качестве руководителя и бывшие Adtranz и Deutsche Waggonbau, которые сейчас входят в компанию Bombardier Transportation.

Первые десять поездов метрополитена с серийным обозначением С 1.9 (рис. 1), уже находящиеся в эксплуатации, поставлялись с ноября 2002 по июнь 2004 г. Первый поезд дополнительной партии начали изготавливать на заводе компании Bombardier Transportation в Хеннигсдорфе в январе 2004 г.

Техническая концепция

В отличие от существующих двухвагонных поездов серий А и В поезд серии С выполнен шестивагонным со сквозными межвагонными переходами. С перспективой на будущее предусмотрена возможность формирования поездов из трех, четырех и пяти вагонов.



Рис. 1. Поезд С 1.9 метрополитена Мюнхена

Основные технические данные поезда серии С

Ширина колеи, мм.	1435
Масса согласно DIN 25008 (состав из шести вагонов), т:	
тары.	164
с максимальной загрузкой.	269
Допустимая осевая нагрузка, кН.	120
Допустимое усилие продольного сжатия, кН.	800
Общая длина (состав из шести вагонов), м:	
по сцепкам.	114,82
по обшивке.	114,22
Длина вагонов (без сцепок), м:	
концевой вагон.	19,08
промежуточный вагон.	18,015
Ширина вагона, мм.	2,9
Высота вагона над УГР, м:	
по обшивке (без крышевого вентилятора).	3,55
с антенной.	3,777
Высота над УГР пола в тамбуре, м.	1,1
База вагона, м.	12
База тележки, м.	2,1
Диаметр колеса, мм:	
нового.	850
максимально изношенного.	770
Максимальная скорость, км/ч.	80
Ускорение, м/с ²	1,3
Замедление, м/с ² :	
при служебном торможении.	>1,1
при экстренном торможении.	>1,25
Число мест для сидения:	
в концевом вагоне.	38
в промежуточном вагоне.	44
в шестивагонном поезде.	252
Число мест для едущих стоя	
(из расчета 4 чел./м ²) в шестивагонном поезде.	661
Ширина сидения, м.	0,5
Ширина прохода, м:	
между рядами с поперечно	
расположенными креслами.	0,69
между продольным сиденьем	
и разделительной стойкой.	0,95
Число дверей на одной стороне	
шестивагонного поезда:	
для пассажиров.	18
для машиниста.	2
Ширина в свету входной двери (для пассажиров), м.	1,4

При шестивагонной конфигурации имеется возможность расположить различное оборудование, например мотор-компрессор, аккумуляторные батареи и вспомогательный статический преобразователь частоты, только в концевых вагонах. Промежуточные вагоны в основном однотипны, но могут иметь незначительные различия по внутренней планировке и оборудованию.

Дизайн

Дизайн нового поезда создан известным мюнхенским бюро Neumeister + Partner, услуги которого оговаривались условиями тендера. Отсюда вытекали повышенные требования к качеству разработки и изготовления. Дизайнерское бюро изготовило модель концевой вагона в масштабе 1:1. В ходе дискуссий был выбран окончательный вариант его исполнения. Основными отличиями дизайна являются:

- возможность свободного прохода по составу, широкие межвагонные переходы;
- ощущение более просторных салонов благодаря дугообразным поручням, большим окнам, стеклянным перегородкам и отсутствию загромождающих интерьер вертикальных стоек;
- установка верхнего поручня и опорных перекладин в зоне входных дверей, применение деревянных сидений с продольным расположением и креплением с текстильной обивкой и поперечным расположением;
- новое наружное цветовое решение;
- характерное внешнее очертание лобовых частей концевых вагонов с кабиной машиниста, небольшое скругление боковых стенок.

Оборудование для инвалидов

Особое внимание было уделено специальному оборудованию для пассажиров на инвалидных колясках. Вопрос их размещения рассматривали и решали на этапе проектирования в ходе обсуждения модели головного вагона в масштабе 1:1. Для этой цели выделено просторное отделение в салоне за кабиной машиниста, площадь которого обеспечивает необходимую свободу для маневрирования. Через частично застекленную заднюю стенку кабины машинист просматривает это пространство.

Для удобства инвалидов на колясках в пассажирском салоне первые двери за кабиной машиниста оборудованы кнопкой безопасности. Здесь же на удобной для пассажиров этой категории высоте установлены дополнительные переговорные устройства. Для уменьшения зазора между вагоном и краем платформы по нижнему обрезу дверного проема закреплена резиновая накладка.

Конструкция вагонов

Кузова

Каркасы кузовов выполнены из длинномерных экструдированных алюминиевых профилей. Эти профили одинаковы для концевых и промежуточных вагонов. Исключение составляют элементы боковых стен и крыши передних пассажирских салонов в концевых вагонах, которые на 1150 мм короче, а их рама длиннее на 1065 мм. К ней примыкает выполненная в виде отдельного сварного модуля лобовая часть с кабиной машиниста. Она изготавливается дифференциальным способом с использованием различных материалов: алюминиевого листа, экструдированных профилей и алюминиевого литья.

Рама кузова, несколько скругленные боковые стены, детали лобовой части кузова, его задние торцовые стены и крыша образуют единую жесткую на кручение сварную конструкцию.

Алюминиевый сплав экструдированных профилей, используемых для изготовления боковых стенок и плит для пола, имеет состав, отображаемый химической формулой $AlMgSi 0,7 F26$. Для крыши применены экструдированные профили из сплава $AlMgSi 0,5$. Продольные балки и детали лобовой части, в том числе отливки, изготавливали из материала с химическим составом $G-AlSi 10 Mg$. Для лобовой части проводили испытания на столкновение, на основании которых разработаны соответствующие инструкции по ремонту.

Ударно-тяговые приборы

На лобовых частях поезда установлены приборы автосцепки шведской компании *Dellner Couplers* (без электрических соединений), механически и пневматически совместимые с автосцепкой системы *Scharfenberg*, которой оборудованы поезда серий А и В. В трубообразном корпусе автосцепки размещен газогидравлический поглощающий аппарат с ходом до 200 мм. Аппарат связан с каркасом кузова посредством сферических резиновых шарниров и фиксируется в горизонтальном положении с помощью двух вертикальных опор.

Управление сцепкой производится из кабины машиниста или вручную непосредственно на самом приборе. Для надежного функционирования в зимних условиях приборы автосцепки оборудованы обогревателями.

Промежуточные вагоны также оборудованы приборами автосцепки компании *Dellner* с разъемом для электрических соединений, расположенным сбоку. Управление автосцепкой осуществляется пневматически с помощью крана, размещенного внутри вагона, в его торцовой части. Это позволяет расцепить

состав, например, при авариях или в депо менее чем за 15 мин без вмешательства персонала поезда.

При выборе концепции поглощения энергии предусматривалось, что поглощающие аппараты должны гасить продольные усилия, не превышающие 800 кН. При этом предполагалось, что при наезде со скоростью 12 км/ч на стоящий поезд или со скоростью 15 км/ч на упорный брус тупика, оборудованного поглощающим устройством, кузова вагонов не деформируются.

Выбор элементов газогидравлического поглощающего аппарата проводился на базе результатов динамических исследований, в частности с учетом продольных колебаний в сцепках при движении. В нормальном режиме эти приборы почти не нагружены. Если произошла механическая расцепка состава, поезд теоретически может пройти еще несколько сотен метров, пока в результате размыкания лобовых поверхностей сцепки не истощится тормозная магистраль и не включится экстренное торможение.

Традиционно автосцепные устройства рассчитывают на ударные нагрузки и жесткие режимы процессов сцепки. Тем не менее в практической эксплуатации возникают значительно большие силы и более тяжелые условия движения. В связи с этим при использовании поглощающих аппаратов одностороннего действия необходимо, чтобы они имели повышенную жесткость (рис. 2).

Окна, двери и межвагонные переходы

Окна. Существующая конструкция окон компании *Hübner*, позволяющая их быструю замену, была доработана в соответствии с дизайнерским проектом, который предусматривал устройство окон в одной плоскости с обшивкой вагона (рис. 3).

При монтаже окон сначала в необработанный оконный проем вклеивают алюминиевую раму, ко-

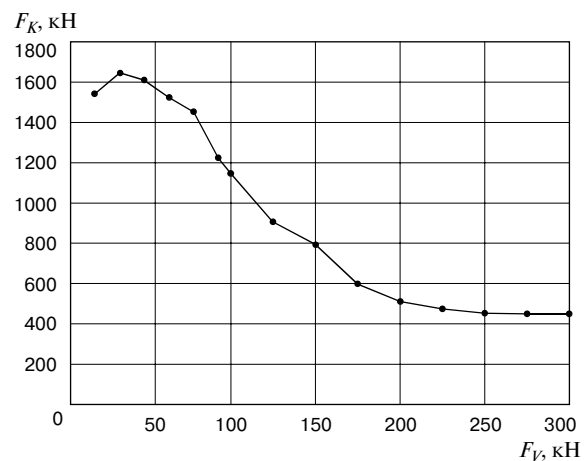


Рис. 2. Характеристика автосцепного устройства:
 F_k — максимальное тяговое усилие в сцепке; F_v — усилие в поглощающем аппарате

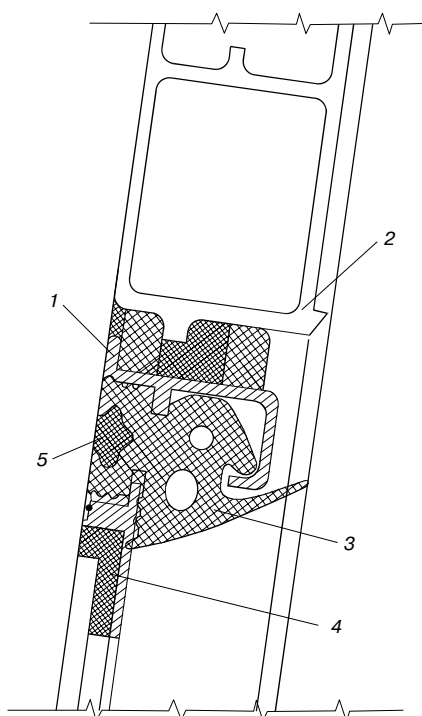


Рис. 3. Поперечное сечение конструкции окна:
 1 — алюминиевая рама; 2 — граница оконного проема; 3 — резиновый профиль; 4 — прокладка; 5 — уплотнение

торая служит опорой для резинового профиля с уплотнением. Одинарное стекло вставляется в профиль через алюминиевую дополнительную раму, обеспечивающую плотное прижатие.

В пассажирском салоне с одной стороны вагона верхняя часть всех окон выполнена откидной. Их можно открывать вручную и запирать в зимний период трехгранным ключом.

Двери. С обеих сторон вагона имеется по три двухстворчатых поворотно-сдвижных двери компаний Knorr Bremse, Division IFE Automatic Door Systems (Австрия). Каждая дверь оборудована устройством управления, причем в вагоне всегда два из шести таких устройств являются главными. Они соединены с остальными отдельной информационной шиной, которая в свою очередь через многофункциональную шину MVB связана с системой управления поездом.

С помощью объединенной системы, контролирующей работу дверей (силу прижатия, время срабатывания), определяются все помехи при их открывании и закрывании. При участии компании IFE разработаны датчики зажатия, которые в виде контактных планок вмонтированы в резиновую окантовку дверей. Они реагируют на зажатие даже небольших предметов, например поводка собаки. Монтаж этих датчиков проводился заказчиком совместно с компанией IFE.

Каждая дверь оборудована аварийной блокировкой и выключателем. При включенной аварийной блокировке устройство управления дверьми блокирует их открытие, если не поступает сигнал об оста-

новке. В любом случае машинист получает сообщение о попытке их открыть.

Кабина машиниста с обеих сторон имеет по одной одностворчатой поворотно-сдвижной двери с электроприводом, которая также оснащается устройством управления. Для открытия этих дверей вручную снаружи или изнутри рядом с каждой из двух дверей предусмотрены дополнительные кнопки.

Межвагонные переходы. В вагоне смонтированы межвагонные переходы компании Hübner. Они предназначены для соединения вагонов поезда, допускающего их взаимные перемещения, а также для безопасного и удобного прохода пассажиров вдоль поезда. Благодаря значительной ширине переходы дают возможность просматривать весь поезд и создают при этом у пассажиров ощущение повышенной безопасности.

Переходы выполнены из стандартных гофрированных секций, соединительных элементов пола и потолка, а также боковых стенок. Гофрированные секции через специальные рамы крепятся к кузову, причем к одному вагону жестко, а к другому — с помощью разборного соединения, снабженного блокировкой. Здесь соединение может быть разобрано, соединительная секция сдвинута и закреплена на другом вагоне. После этого поезд может быть расцеплен (например, при аварии или несчастном случае) без выхода машиниста или помощника на путь.

Пассажирские салоны

Пол. Для изготовления пола использовали плиты из березовой фанеры толщиной 15 мм, соединенные между собой алюминиевым профилем. Основание пола уложено на резиновые профили, запрессованные в специальные пазы пола кузова. Под фанерными плитами в некоторых местах имеется теплоизоляция. Сверху на плиты уложен каучуковый настил толщиной 2 мм с противоскользящим покрытием.

Достаточное расстояние между плитами пола и основанием кузова, а также наличие вентиляции исключают возможность образования конденсата в образовавшейся полости.

Отделка стен. При выборе внутренней облицовки был использован дизайнерский принцип открытых стыков. Это позволило выполнить отделочные работы с высокой производительностью и соблюдением заданных допусков. Основными материалами были стеклопластик и слоистый пластик, армированный стекловолокном, а также алюминиевый лист (в торцовых частях вагонов). Отделку стен, выполненную из полимера, армированного стекловолокном, на уровне сидений комбинировали со специальным ламинатом марки 1016 АВЕТ. Для отделки потолков также использована эта комбинация материалов.

Сиденья. В вагонах применена продольная и поперечная установка сидений производства компании

Franz Kiel & KG. Сиденья, расположенные продольно, изготовлены из дерева. Поперечно расположенные кресла имеют текстильную обивку.

Концевые вагоны в основном оборудованы продольно расположенными деревянными сиденьями, а за кабиной машиниста смонтированы две пары откидных, также деревянных сидений.

В средней части промежуточных вагонов поперечно установлены кресла с текстильной обивкой, между которыми имеется широкий центральный проход. К межвагонным переходам примыкают группы деревянных сидений, расположенных продольно.

Необычное решение с использованием деревянных сидений было предусмотрено дизайнерским проектом. Результаты опроса посетителей, осматривавших макет, выполненный в натуральную величину, показали, что число сторонников деревянных сидений и кресел с текстильной обивкой примерно одинаково. По уровню комфортности деревянные сиденья современного дизайна не имеют ничего общего с использовавшимися раньше в трамвайных и других вагонах тесно расположенными сиденьями из пресованной фанеры, обеспечивавшими минимальные удобства и получившими в свое время название сидений «деревянного класса» (Holzklasse).

На боковых стенках ниже уровня окон между креслами установлены мусоросборники нового дизайна.

Поручни. Поручни специальной конструкции в вагоне закреплены таким образом, что пол остается свободным. Это значительно упрощает уборку салонов.

У входных дверей сидящие пассажиры защищены от сквозняков стеклянными перегородками, окантовку которых образуют трубчатые дугообразные поручни. Каждая такая перегородка с поручнем связана с дверной стойкой, образуя единый модуль, не имеющий крепления к полу. В конструкции этого модуля предусмотрена также удобная горизонтальная перекладина с обивкой. На нее может опираться пассажир, стоящий у двери.

В зоне входных дверей, а также в салонах концевых вагонов с продольно расположенными сиденьями имеются дугообразные поручни на стойках, крепящихся к потолку. Благодаря выбору дугообразных форм и отказу от традиционных поручней, проходящих вдоль всего потолка, создается эффект увеличенного объема. Все поручни изготовлены из нержавеющей стали с последующей поверхностной обработкой.

Отопление и вентиляция

Система отопления и вентиляции вагонов серии С, в принципе, такая же, как в вагонах серии В. В режиме отопления воздух подается в систему с помощью центрального вентилятора, расположенного

под кузовом вагона. Пройдя через электронагревательный регистр, свежий воздух по системе воздуховодов, расположенных под кузовом вагона, попадает в салоны через выпускные отверстия в боковых стенках у пола. Отработавший воздух уходит в атмосферу через решетки статической вентиляции.

Отопительный регистр, как правило, потребляет в импульсном режиме энергию рекуперации. Для сглаживания температурных пиков в качестве тепловых аккумуляторов используются алюминиевые пластины, установленные в воздуховоде.

В режиме вентиляции отопительный регистр отключен, а направление воздушного потока изменяется на обратное. Вентилятор, отопительный регистр, а также соответствующие регулирующие устройства поставила компания Siemens TS.

Основные отличия системы отопления и вентиляции поездов серии С от соответствующей системы поездов серии В заключаются в следующем:

- подача воздуха происходит через концевые части вагонов, которые в предыдущих модификациях не отапливались и не вентилировались. Единственным свободным пространством, использовавшимся для подачи подогретого воздуха, был ячеистый профиль донной части кузова, в котором терялось большое количество тепла;
- для обеспечения требуемого расхода воздуха (до 4500 м³/ч, или 30 м³/ч на одного пассажира) понадобился более мощный вентилятор;
- контейнер тягового преобразователя занимает всю ширину вагона, поэтому из-за дефицита свободного пространства воздухораспределительный короб выполнен предельно плоским;
- повышен расход воздуха, улучшено его распределение, понижен уровень шума.

Дефицит свободного пространства в сочетании с неоптимальным расположением компонентов системы стал причиной дискуссии о достоинствах и недостатках двух способов подачи теплого воздуха для отопления вагонов: через боковые воздуховоды или через главные поперечные балки нижней рамы вагона. Для решения этой проблемы компании Daimler-Chrysler поручили компьютерное моделирование этих систем и выбор оптимальной. При полном использовании имеющегося свободного пространства реализованное решение гарантирует равномерное распределение воздуха в пассажирских салонах, в том числе и в концевых частях вагона. Расчетные и частично экспериментальные результаты определения величины падения давления в системе явились основой при выборе системы отопления.

Значительно удлинившиеся по сравнению с вагоном серии В воздуховоды (за счет участков, идущих к концевым частям вагона) и подача воздуха через ячеистую структуру основания кузова потребовали повышенной теплоизоляции передающего тракта. В

Результаты расчета величины тепловых потерь, Вт

Воздухораспределитель	1435
Боковые воздуховоды	2175
Ячеистая структура основания кузова	4520
Всего	8130

противном случае в концевых частях вагона не поддерживалась бы требуемая температура. В то же время было необходимо обеспечить термоизоляцию в зоне воздухораспределителя с учетом возможности кратковременного повышения температуры воздуха в нем до 250 °С.

Особые трудности вызвало определение потерь тепла в структуре основания кузова, которые, по приблизительным оценкам, составляли более половины всех потерь подкузовного отопительного оборудования.

Тепловой аккумулятор для выравнивания пиков температуры (набор алюминиевых пластин общей массой 50 кг) в вагонах серии В размещен непосредственно за нагревательным регистром. Такую компоновку в вагонах серии С реализовать не удалось, поэтому в боковых трубопроводах были размещены четыре небольших тепловых аккумулятора и учтено аккумулирующее влияние внутренних стенок отопительных воздуховодов.

Освещение

Наружное освещение. Элементы наружного освещения подразделяются на сигналы ограждения поезда и указатели его состояния.

В качестве поездных сигналов ограждения на лобовой части первого вагона установлены два светодиодных комбинированных (красно-белых) переключаемых фонаря. От головного прожектора разработчики отказались, что не противоречило техническим нормативам.

Для обозначения состояния вагона на каждой торцевой стенке слева и справа рядом с междвагонным переходом установлены бело-оранжевые светодиодные указатели. Они, как и на вагонах серии В, предназначены для индикации сработавшего экстренного торможения, включенного аварийного переговорного устройства и наличия неисправности.

Пассажи́рские салоны и кабина машиниста. Освещение пассажирских салонов является элементом внутреннего дизайна вагона. Оно состоит из трех групп:

- двух рядов светильников (справа и слева) над сиденьями;
- двух галогенных ламп над каждым переходом;
- восьми галогенных ламп в зоне каждой входной двери.

Проводились опыты с дополнительным освещением средней части потолка другими средствами (кольцевыми стекловолоконными светильниками, электролюминесцентными пленками и т. п.), но варианта, приемлемого для условий железнодорожной эксплуа-

тации, найти не удалось. Энергопотребление системы освещения оптимизировано благодаря согласованию всех применяемых пускорегулирующих устройств.

Для аварийного освещения пассажирского салона вагона предусмотрены три люминесцентные лампы. Дополнительно над переходами имеются две сигнальные лампы красно-оранжевого оттенка.

В кабине машиниста используются лампы двух видов: две галогенные над пультом управления и одна люминесцентная над дверью внутри кабины.

Яркость освещения регулируется двухпозиционным переключателем.

Кабина машиниста

Концепция. Элементы управления и контроля в кабине расположены по всей ее ширине. В средней части установлен пульт управления. По центру кабины находится кресло машиниста, а сразу за ним — дверь для прохода в пассажирский салон. Справа и слева от двери на стенке смонтированы два шкафа-тумбы, на которых в случае необходимости можно сидеть. Стенка кабины машиниста справа и слева от двери прозрачная, поэтому лобовое стекло во избежание ослепления машиниста отраженным светом выполнено тонированным.

Пульт управления и кресло. На пульте управления помимо прочих элементов расположены контроллер и тормозной кран машиниста, реверсор, а также выключатель управления дверьми поезда.

Кресло машиниста с мягкой обивкой и подголовником может находиться в одном из двух рабочих положений (для работы сидя и стоя). Оно не регулируется по высоте, поэтому подгонка его под рост машиниста производится с помощью регулируемого по высоте и обогреваемого основания в нише для ног, а также путем смещения кресла в продольном направлении. Кресло вместе с основанием может быть откинута вправо или влево, чтобы освободить проход в пассажирский салон машинисту, ремонтному персоналу или уборщикам.

Кондиционер и прочие элементы. Кабина машиниста оборудована кондиционером, поэтому имеющиеся в ней откидные фрамуги закрыты и заблокированы.

Для защиты от прямых солнечных лучей в кабине имеется шторка, подвешенная на двух проволочных направляющих, которые закреплены под потолком перед лобовым стеклом. На двери задней стенки предусмотрена вешалка для одежды.

Размещение подвагонного оборудования

Под кузовом концевого вагона (рис. 4) находится следующее оборудование (позиции, содержащие букву М, обозначают, что такое оборудование установлено и под промежуточным вагоном):

а) под кабиной машиниста

- кондиционер кабины машиниста, состоящий из вентилятора и холодильного агрегата (1);

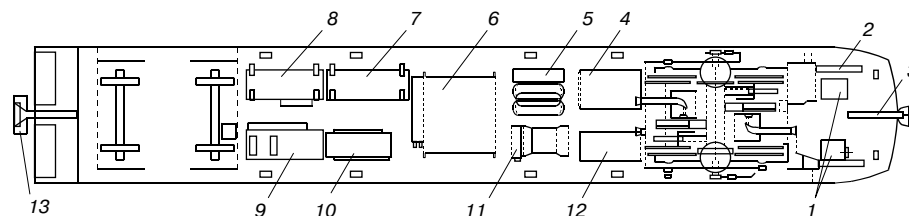


Рис. 4. Размещение подкузовного оборудования концевой вагона

- ниша для заземлителя и приспособления для расцепки (2);
- прибор автосцепки (3);
- б) между тележками
- тормозной реостат (4, М);
- контейнер с пневмооборудованием (5, М);
- тяговый контейнер (6, М);
- шкаф с блоками системы управления и регулирования (7);
- ящик аккумуляторных батарей (8);
- контейнер с компонентами тяговой цепи (9);
- преобразователь питания вспомогательных устройств (10);
- отопительный агрегат (11, М);
- аппарат подготовки воздуха (12);
- в) под концевой частью
- промежуточная сцепка (13, М).

Тележка

Тележка поезда серии С является модернизированной модификацией, разработанной для поездов метрополитена Нюрнберга. Все моторные тележки имеют одинаковую конструкцию и взаимозаменяемы. Вспомогательные устройства, такие, как антенны, лубрикаторы или токоприемники, могут быть смонтированы на любой из тележек. Все оси в тележке моторные. Каждая из них оборудована отдельным механическим тормозом.

Рама тележки изготовлена из профилей замкнутого сечения, сваренных из стального листа. Первичная ступень рессорного подвешивания состоит из винтовых цилиндрических пружин с параллельно включенными гасителями колебаний. При достижении загрузки вагона, превышающей 2/3 максимальной, включаются дополнительные резиновые амортизаторы с прогрессивно-нелинейной характеристикой.

Во вторичной ступени рессорного подвешивания кузов опирается на раму тележки через две пневморессоры с дополнительно включенными на случай их отказа резинометаллическими блоками. Для улучшения плавности хода рабочий объем пневморессор увеличивается за счет использования внутренней замкнутой полости, имеющейся в поперечной балке рамы тележки.

В состав системы пневмоподвешивания входит регулирующее устройство, которое поддерживает вы-

соту уровня пола отдельных вагонов независимо от их загрузки пассажирами. Регулировка давления в пневморессорах в зависимости от загрузки вагона осуществляется с помощью установленных в них клапанов.

Силы тяги и торможения с безюлечных тележек на концевые части кузова передаются с помощью специальных тяг.

Пневматическое и тормозное оборудование

В эту группу входят:

- компрессор;
- система управления торможением;
- элементы тормозного оборудования тележки;
- устройство защиты от юза и боксования;
- пневморессоры;
- система экстренного тормоза;
- пневматический звуковой сигнал;
- система управления токоприемниками и короткозамыкателями;
- система лубрикации;
- устройство управления автосцепкой.

Сжатый воздух для тормозного оборудования и других потребителей подается от компрессоров, установленных в концевых вагонах. Один из них работает в резервном режиме и подключается при необходимости (например, при повышенном расходе сжатого воздуха в процессе подготовки поезда к работе).

Электропневматический фрикционный тормоз. Каждый вагон оборудован электропневматическим фрикционным тормозом типа KBGM-P компании Knorr Bremse (Мюнхен), штатной автоматической тормозной магистралью и тормозом с пружинным аккумулятором.

Электропневматический тормоз предназначен для остановки, подтормаживания и экстренного торможения, а механический используется в качестве стояночного. Для этого тележка оборудована тормозным цилиндром с блоком пружинного аккумулирующего устройства. В случае необходимости механический тормоз может быть включен пневмоприводом системы экстренного торможения.

Все колесные пары имеют отдельные тормозные цилиндры и комплект оборудования дискового тормоза. Алюминиевый тормозной диск охлаждается

воздухом. Тормозные цилиндры механического тормоза приводятся в действие сжатым воздухом. Управление электропневматическим торможением осуществляется также с помощью сжатого воздуха и электромагнитных клапанов.

Электропневматический тормоз может также использоваться в качестве вспомогательного. Это возможно, например, если в поезде вышли из строя один или два тяговых агрегата, а остальные не могут быть использованы для частого электродинамического торможения во избежание недопустимого перегрева. В то же время такое интенсивное использование пневматического тормоза может привести к перегреву тормозных дисков.

В связи с этим для механического торможения разработали специальную программу, в соответствии с которой компьютер системы управления торможением рассчитывает величину тормозного усилия с учетом тепловой нагрузки дисков. В случае превышения предельных значений ограничивается скорость движения. Расчеты с учетом всех допусков показали, что при нагревании тормозных дисков до 200 °С еще возможно движение поезда при его полной загрузке со скоростью 70 км/ч.

Типовые испытания и ввод в эксплуатацию

Заводская приемка поездов была проведена на предприятии компании-изготовителя в Хеннигсдорфе. После этого два первых поезда доставили в ис-

пытательный центр компании Siemens в Вегберг-Вильденрате. Здесь с февраля по июнь 2001 г. было проведено 60 типовых динамических испытаний.

Измерения уровня шума в Мюнхене показали, что на стоянке его уровень в пассажирском салоне составлял 53 – 57 дБ(А) в зависимости от места нахождения точки измерения и вида периодически включающегося оборудования. При скорости движения 80 км/ч уровень шума возрастал до 64 – 68 дБ(А).

Коэффициенты плавности хода W_z также определяли в Мюнхене на специально выделенном пути. Эти параметры были в центре внимания уже на стадии конструирования. Проводившиеся расчеты были направлены на достижение оптимальных параметров. В частности, это коснулось расчета конструкции кузова. Измерения показали, что коэффициент $W_{zy} = 2,26$, а $W_{zz} = 1,94$. Эти результаты свидетельствуют о том, что затраты на техническую оптимизацию оказались оправданными.

Планом поставок предусмотрено, что восемь поездов серии С будут своевременно приняты в эксплуатацию перед чемпионатом мира по футболу 2006 г. в Мюнхене. Таким образом, дополнительно к существующему парку вагонов серий А и В город будет также иметь 18 современных шестивагонных поездов метрополитена.

G. Erler, J. Radtke. *Glaser's Annalen*, 2005, № 216 – 225.

И. Г. МОРЧИЛАДЗЕ

Перспективный вариант международных перевозок грузов

Многолетний опыт наиболее развитых стран мира показывает, что международная торговля наиболее эффективно способствует развитию национальных экономик, но одновременно требует применения новых подходов к организации перевозок. Перспективный вариант международных перевозок предусматривает трехуровневую перевозку грузовых единиц.

Международная перевозка грузов от мест изготовления до мест потребления, как правило, осуществляется различными видами транспорта, что по-

зволяет экономить и рационально использовать топливно-энергетические ресурсы, ускорять таможенные процедуры, повышать скорость и снижать сроки поставок, уменьшать себестоимость перевозок.

Анализ статистических данных со всей очевидностью показывает, что во многих странах в настоящее время усилилось переключение грузопотоков с автомобильного транспорта на комбинированную железнодорожно-автомобильно-водную транспортировку укрупненных грузовых единиц (УГЕ). Этому способствовало ужесточение экологических требований и увеличение ряда составляющих эксплуатационных расходов, например удельной стоимости энерго-