

Трансаравийский железнодорожный коридор

Участок	Длина, км	Время в пути, ч	
		пассажиров	грузов
Джидда — Эр-Рияд	950	6	12
Эр-Рияд — Даммам:			
прямая линия	449	3	—
через Харад	556	—	6
Даммам — Эль-Джубайль	115	1	3

ре из Эр-Рияда в Джидду, равное 6 ч, весьма привлекательно по сравнению с 12 ч автобусом, что имеет место в настоящее время (таблица). Кроме того, се-

рьезному приросту перевозок будет способствовать строительство железной дороги Western в Мекку и Медину. Разработчики проекта учитывают международный опыт, подтверждающий жизнеспособность новых линий со смешанным грузо-пассажирским движением.

Именно поэтому и предусматриваются две отдельные концессии. Прибыльность основного проекта зависит от доходов от грузовых перевозок. Концессии на пассажирские перевозки может потребоваться государственная поддержка.

*Railway Gazette International*, 2005, № 3, p. 134 – 135.

## Моторвагонные поезда увеличенной вместимости

*Осуществляемая во Франции регионализация местных пассажирских сообщений с передачей ответственности за организацию перевозок на уровень провинций и департаментов обусловила спрос на подвижной состав нового поколения с более высокими технико-эксплуатационными и, что не менее важно, экономическими характеристиками. К такому подвижному составу, получившему общее название «региональных экспрессов» (Trains Express Regionaux, TER), относятся моторвагонные поезда увеличенной пассажирской вместимости (Automoteurs de Grande Capacité, AGC), разработке и вводу которых в эксплуатацию уделяют в последнее время особое внимание.*

Создание поездов увеличенной вместимости является примером успешного сотрудничества Национального общества железных дорог Франции (SNCF) с регионами страны. Над проектом постоянно работала группа, состоявшая из специалистов регионов, администраций регионального и местного общественного транспорта (DTPRL) и дирекции подвижного состава SNCF. Она осуществляла оперативное управление, готовила технические требования, оказывала консультационную помощь и техническое сопровождение, координировала сотрудничество с компанией-изготовителем Bombardier Transportation.

Совместная работа позволила выработать новые оригинальные решения, соответствующие специфическим условиям и обеспечивающие экономическую эффективность.

Регионам и DTPRL нужен подвижной состав для обслуживания сообщений разного характера: пригородных, в густонаселенных зонах или с незначительными пассажиропотоками, на электрифицированных или неэлектрифицированных линиях. Поэтому необходимы поезда с тяговым приводом разных видов — дизельным или электрическим, с пассажирской вместимостью, варьирующейся от 120 до 220 мест, с максимальной скоростью движения до 160 км/ч, с повышенным ускорением при разгоне и замедлении при торможении, работающие как в виде отдельных единиц, так и в сцепках, с промежуточными вагонами, которые можно ставить между моторными вагонами с разным тяговым приводом.

Кроме того, из практических соображений, диктуемых в основном требованиями эксплуатационной гибкости, компании-операторы заинтересованы в подвижном составе с комбинированным (дизельным + электрическим) тяговым приводом, легко адаптируемом к эксплуатации на маршрутах разной протяженности (следовательно, с разным уровнем комфорта для пассажиров) и имеющем благоприятный коэффициент использования объема и площади, что достигается, в частности, за счет компоновки основного оборудования в виде компактных сменных модулей. Этим условиям в наибольшей степени удовлетворяет подвижной состав, строящийся на базе унифицированных конструктивных платформ с введением необходимых модификаций, но без неоправданного увеличения разнообразия комплектующих изделий. Вместе с тем в конструкции подвижного состава не должно быть неоправданных усложнений,

отрицательно влияющих на экономичность, надежность и ремонтпригодность.

При этом продолжительность создания каждой последующей серии подвижного состава, принадлежащего к одному семейству, не должна превышать 2 лет.

Эти аспекты были отражены в условиях конкурса на поставку подвижного состава. Заказ на создание семейства моторвагонных поездов увеличенной вместимости по результатам изучения предложений участников торгов был отдан компании Bombardier Transportation.

### Концептуальные принципы поездов семейства AGC

#### Общие положения

Конструкция поездов AGC основана на модульной платформе, которая позволяет по мере необходимости:

- изменять пассажироместимость в зависимости от числа вагонов: 120 мест для сидения в двух-, 160 в трех- и 220 мест в четырехвагонном поезде;
- выбирать вид тягового привода (дизельный, электрический или комбинированный);
- варьировать планировку и внутреннее оснащение (уровень комфорта) пассажирских салонов в соответствии с выбранным классом — от так называемого Grand Confort (люкс) до второго;
- иметь множество вариантов индивидуализации как в применяемых технических средствах, так и во внутреннем оснащении.

Такое разнообразие возможностей опирается на концепцию максимального использования общих для всего семейства конструктивных решений с целью оптимизации расходов на разработку, изготовление, техническое обслуживание, ремонт и логистическую поддержку.

Так, независимо от вида тягового привода поезда имеют максимальное количество одинаковых элементов: кузова, тележки, внутреннее оборудование, тяговые двигатели и передачи, динамический и механический тормоза.

Поезд AGC (рис. 1) выполнен по сочлененной компоновке, т. е. концевые вагоны имеют крайние моторные тележки, а поддерживающие тележки находятся под узлами сочленения концевых вагонов с промежуточными и промежуточными между собой. Это дает возмож-

ность обеспечить максимальную площадь пониженного пола (70 % общей) и ширину межвагонных переходов (800 мм).

Кроме того, сочлененная компоновка при относительно небольшой длине кузовов вагонов позволяет в пределах существующих габаритов (подвижной состав семейства AGC вписывается в габариты железных дорог не только Франции, но и Италии, Германии и Швейцарии) довести ширину кузовов до 2950 мм. Полученный в результате объем кузова позволяет увеличить свободное пространство для обеспечения удобства пассажиров как сидящих, так и проходящих по составу (ширина прохода между рядами кресел в салонах вагонов второго класса равна 600 мм).

Во всех вариантах предусмотрено использовать электрическую передачу. При дизельном тяговом приводе каждый двигатель приводит во вращение тяговый генератор, от которого через преобразователи получают питание тяговые двигатели; и преобразователи, и двигатели подобны применяемым при чисто электрическом приводе. Такое решение позволяет без особого труда выполнить и комбинированный привод.

С целью увеличения вместимости и повышения уровня комфорта приоритет уделен пространству для пассажиров, а основное оборудование в виде модулей размещено за пределами этого пространства — на крыше (тяговые преобразователи и резисторы, оборудование систем кондиционирования воздуха и охлаждения дизелей) или под кузовами вагонов (дизели, генераторы).

Высокий уровень комфорта, требуемый от подвижного состава TER, обеспечивается:

- широкими (1300 мм) входными дверями и входными площадками, пол которых находится на высоте 590 мм над УГР;



Рис. 1. Общий вид трехвагонного поезда AGC



Рис. 2. Пульт управления

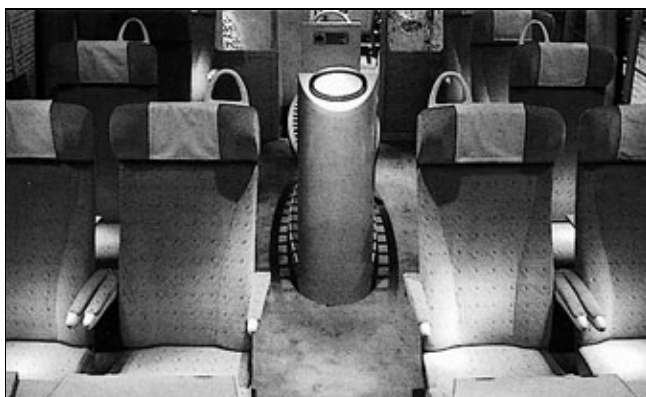


Рис. 3. Интерьер пассажирского салона первого класса

- наличием вблизи входных площадок выделенных зон для размещения инвалидных колясок (здесь же расположен туалет для пассажиров с ограниченными физическими возможностями) или велосипедов и другого крупногабаритного багажа;

- большим шагом расстановки кресел (так, расстояние между спинками кресел, расположенных напротив друг друга, составляет 1750 мм);

- удобными багажными полками и отсеками;
- системой информирования пассажиров с указателями снаружи и внутри вагонов;

- наличием иных устройств для обслуживания пассажиров по выбору (например, автоматов для продажи напитков и т. п.).

Предусмотрены меры по упрощению подготовки поездов АГС к обращению по железным дорогам других стран на случай их использования в международных сообщениях.

Ящики преобразовательных модулей заранее приспособлены для установки дополнительного оборудования, которое может понадобиться при питании не только от систем электроснабжения 1,5 кВ постоянного и 25 кВ, 50 Гц переменного тока, имеющихся на сети SNCF, но и от системы 15 кВ, 16,7 Гц переменного тока в других странах.

Кроме того, предприняты меры, чтобы поезда можно было легко оснастить аппаратурой современных систем радиосвязи земля/поезд стандарта GSM-R, а затем управления движением поездов ETCS уровня 2.

Предусмотрено, в частности, установить под кузовом антенну EUROANTENNE вместо антенны KVB, блок EUROCTV вместо блока CTV KVB, радары Доплера и датчики скорости, а на крыше — две антенны GSM-R и одну GSM-R/GPS.

Пульт управления (рис. 2) также заранее подготовлен для установки модуля радио GSM-R вместо существующего и двух интерфейсов — главного (машинист — машина) на центральной панели и вспомогательного на левой. Электронный шкаф в кабине машиниста имеет выдвижные ящики с аппаратурой EVC, JRU (системы регистрации событий) и STM-KVB.

#### Составность поездов

В моторвагонные поезда АГС можно включать:

- моторные вагоны М1 и М2 с кабинами управления, входящие в состав любого поезда;
- прицепной промежуточный вагон R1, входящий в состав трех- и четырехвагонных поездов;
- прицепной промежуточный вагон R2, входящий в состав четырехвагонных поездов.

Таким образом, трехвагонный поезд формируется из вагонов М1, R1 и М2, четырехвагонный — из вагонов М1, R1, R2 и М2.

#### Планировка вагонов

**Моторные вагоны М1 и М2** имеют кабину управления, входную площадку и два пассажирских салона. Один из салонов расположен за кабиной управления над моторной тележкой и вход в него осуществляется с входной площадки по ступеням; в другой салон, имеющий пол пониженного уровня, вход непосредственно с входной площадки. В вагоне М1 выделена специальная зона для размещения велосипедов, в вагоне М2 — зона для пассажиров с ограниченными физическими возможностями.

В вагоне М1 пассажирский салон, расположенный за кабиной управления, является салоном первого класса (рис. 3).

Расположение салона первого класса всегда было спорным вопросом. Действительно, он должен располагаться в «спокойной» зоне, т. е. там, где исключено хождение пассажиров из других вагонов. Концевые зоны отвечают этому критерию. Однако столь же важным критерием является отсутствие источников шума и вибраций, каковыми являются тяговые двигатели, и в этом отношении преимущество име-

ют прицепные вагоны. На поездах АГС предпочтение отдано первому критерию.

**Прицепные вагоны R1 и R2** имеют по одной входной площадке и по два салона второго класса (рис. 4) с полом пониженного уровня, вход в которые осуществляется непосредственно с входной площадки. В вагоне R1 выделена зона для размещения оборудования для приготовления пищи или велосипедов (по выбору региона-заказчика).

**Вагоны классов Grand Confort и Intercités.** Внутренняя планировка пассажирских салонов вагонов класса Grand Confort соответствует принятой для поездов TER, эксплуатируемых на пригородных или региональных маршрутах с длительностью поездки от 1 ч до 1 ч 30 мин. Салоны вагонов класса Intercités, предназначенных для маршрутов с длительностью поездки от 3 до 4 ч, имеют более высокий уровень комфорта и отличаются тем, что в них кресла расставлены по три в ряд (вместо четырех в вагонах Grand Confort), сами кресла имеют большую ширину, а их спинки наклоняемые; кроме того, каждое место оснащено индивидуальным светильником для чтения.

В целом с учетом различных вариантов и в зависимости от наличия или отсутствия зон для приготовления пищи, дополнительных зон для размещения велосипедов, багажных отделений, места для проводника и т. п. регионам могут быть предложены 19 схем внутренней планировки вагонов поездов АГС (не считая трех видов тягового привода). В этом аспекте железные дороги стремятся приблизиться по уровню комфорта и эксплуатационной гибкости к автомобильному транспорту.

#### *Расположение оборудования*

**Моторные вагоны** имеют следующее крышевое оборудование: группу вентиляции тяговых двигателей, блок тормозных резисторов, группу охлаждения дизеля (для вариантов с дизельным и комбинированным тяговым приводом), установку кондиционирования воздуха в пассажирских салонах и модуль статических преобразователей для тяги и питания вспомогательных потребителей электроэнергии.

Под кузовами моторных вагонов находятся группа выработки электроэнергии (силовой агрегат) и топливный бак (для вариантов с дизельным и комбинированным тяговым приводом) или трансформатор (для варианта с электрическим приводом; только под вагоном M1).

**Прицепные вагоны** имеют следующее крышевое оборудование: мотор-компрессор для выработки сжатого воздуха, установку кондиционирования воздуха в пассажирских салонах (только вагон R1), а также ящики аккумуляторных батарей. В варианте с комбинированным тяговым приводом на крыше, помимо термического оборудования, установлен то-

коприемник для съема постоянного тока напряжением 1,5 кВ, а также мотор-компрессор для снабжения сжатым воздухом вспомогательных потребителей; в варианте с электрическим приводом в зависимости от потребностей регионов, для которых предназначены поезда, — один или два токоприемника на 1,5 кВ постоянного и/или 25 кВ, 50 Гц переменного тока, высоковольтное электрооборудование высокого напряжения, а также мотор-компрессор для снабжения сжатым воздухом вспомогательных потребителей. На крыше прицепного вагона R2 установки кондиционирования воздуха нет.

#### *Внешний и внутренний дизайн*

В связи с необходимостью согласования внешнего вида (в том числе окраски) поездов АГС с общим обликом (в том числе цветовой гаммой) подвижного состава семейства TER компания MBD Design, ответственная за разработку дизайна, внесла новшества в основном в очертания широких изогнутых поверхностей боковых стенок. Особое внимание было уделено местам нарушения целостности этих поверхностей. Линии оконных и дверных проемов, оформленных практически одинаково, подчеркивают пониженное или повышенное их расположение. При этом следует отметить визуальную непрерывность полосы окон. Этому способствует сочлененная концепция поезда, позволяющая свести к минимуму влияние межвагонных переходов на эту непрерывность. В верхней части стенок и на свесах все решетки и жалюзи по возможности встроены так, чтобы не нарушать целостность поверхности.

При разработке дизайна лобовых стенок учтены имевшие место существенные осложнения технического плана, связанные с конструктивными особенностями поезда и обусловившие необходимость интеграции в общий облик лобовой стенки узлов пассивной безопасности, установки кондиционирования воздуха в кабине управления, путеочистителя в нижней части и капота, прикрывающего сцепное устройство.



Рис. 4. Интерьер пассажирского салона второго класса

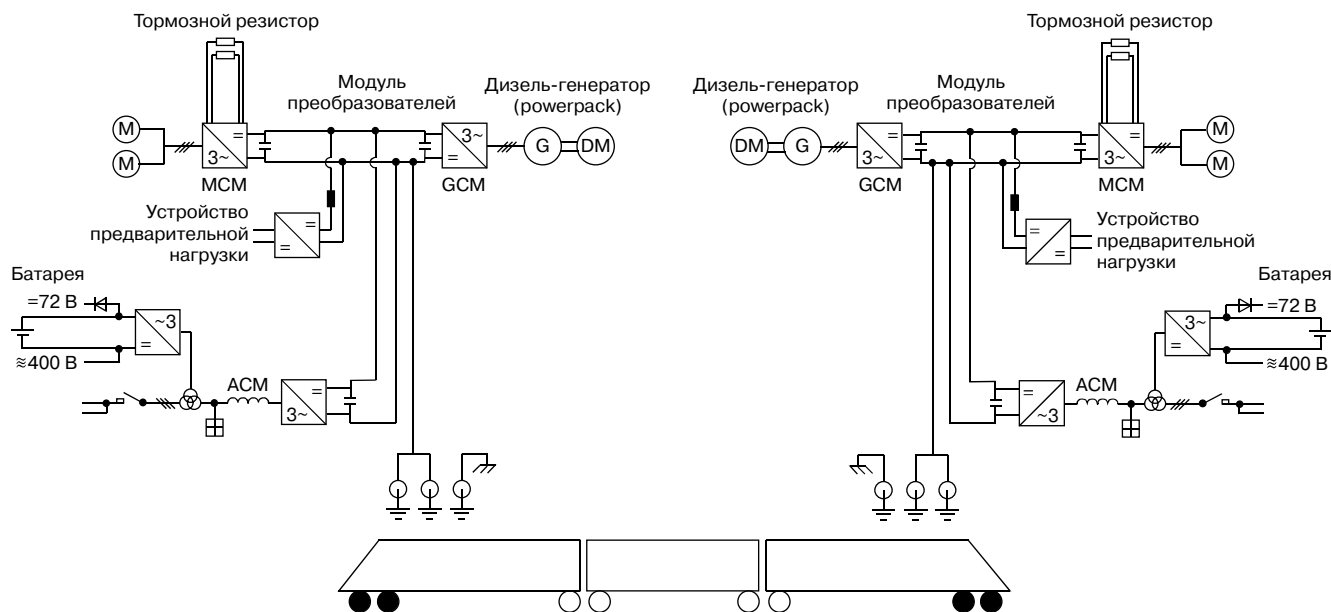


Рис. 5. Принципиальная схема дизельного тягового привода

В ходе выработки концепции внутреннего дизайна за основу была принята простая и спокойная композиция, создающая впечатление пространства и света. Выбранная цветовая гамма создает в поезде «домашнюю» среду и в то же время не имеет ярко выраженных акцентов, которые могут быстро устареть при изменениях вкуса с течением времени.

Окончательные решения по дизайну были приняты экспертной группой, в состав которой входили представители MBD Design, Bombardier Transportation и SNCF. Успех этих решений подтвержден в ходе публичной презентации макета, изготовленного в масштабе 1:1 с полным комплектом внутреннего оснащения.

## Тяговый привод

### Общее описание

Общим элементом для всех вариантов тягового привода является шина постоянного тока напряжением 1500 В, от которой получают питание модули тяговых преобразователей МСМ (по одному на каждую моторную тележку с двумя тяговыми двигателями) и статический преобразователь трехфазного тока напряжением 400 В (АСМ), который снабжает электроэнергией вспомогательное оборудование.

На шину постоянного тока напряжение подается или от выпрямителей (GCM), питаемых от асинхронных генераторов, приводимых во вращение дизельными двигателями (в варианте дизельного или комбинированного тягового привода), или от линейных преобразователей (LCM), преобразующих энер-

гию, получаемую от контактной сети (в варианте электрического привода).

При работе от контактной сети 25 кВ, 50 Гц переменного тока каждый преобразователь LCM получает питание от двух вторичных обмоток главного трансформатора.

При всех конфигурациях тягового привода на каждую моторную тележку приходится следующее оборудование:

- блок статического преобразователя, расположенный на крыше моторного вагона и разделенный на две части: блок фильтра и блок модулей. В блоке фильтра помещены вспомогательные фильтры, трехфазные трансформаторы, оборудование системы охлаждения (насос, наружный вентилятор, теплообменник), а также линейные фильтры. В блоке модулей содержатся элементы силовой цепи, модули преобразователей, диодная схема для предотвращения рекуперативного торможения при работе от контактной сети постоянного тока, устройство предварительной нагрузки преобразователя переменного тока, внутренний вентилятор и трехфазный контактор;
- блок управления, расположенный внутри кузова;
- тормозной резистор с естественным конвекционным охлаждением, расположенный на крыше;
- два трехфазных асинхронных тяговых двигателя с ротором типа беличьего колеса, имеющие номинальную частоту вращения 2000 об/мин, максимальную 4500 об/мин и мощность 325 кВт;
- дизель-генератор (силовой агрегат), объединенный в компактный общий блок, называемый powerpack (только в вариантах дизельного или комбинированного тягового привода).

Принципиальная схема тягового привода (в данном случае дизельного) представлена на рис. 5.

### Функционирование

**Управление.** Контроль и управление тяговым приводом осуществляется фирменной системой MITRAC распределенного типа, центральным модулем которой является PCU (модуль управления тягой). Все необходимые устройства ввода/вывода (аналоговые и цифровые), а также контроля за работой преобразователей взаимосвязаны посредством шины управления по системе многих единиц (MVB) и управляются PCU.

Модуль управления тягой контролирует основные функции тяги и координирует работу преобразователей переменного тока, линейных, моторных и вспомогательных.

Здесь блок DCU/G контролирует функции преобразователей переменного тока (GCM), блок DCU/L — функции линейных преобразователей (LCM), блок DCU/M — функции моторных преобразователей (MCM), блок DCU/A — функции преобразователей вспомогательного оборудования (ACM).

Обмен информацией между PCU, всеми DCU и другими элементами системы MITRAC осуществляется через шину MVB.

Модуль TMS (система поездного менеджмента) связан с PCU для передачи данных по диагностике и состоянию тягового оборудования.

**Преобразование энергии.** *Линейные преобразователи*, выполненные по схеме четырехквadrантного регулятора на базе транзисторов IGBT, выпрямляют и снижают напряжение однофазного переменного тока, получаемое из контактной сети, до требуемой величины напряжения промежуточного звена постоянного тока. С целью точного контроля потока электроэнергии между линией и звеном постоянного тока преобразование осуществляется по принципу широтно-импульсной модуляции с частотой коммутации по фазе 450 Гц. Функции контроля обеспечивает блок DCU/L, который поддерживает напряжение в звене постоянного тока на стабильном уровне. В режиме электродинамического торможения четырехквadrантные регуляторы возвращают энергию в линию.

Трехфазные *моторные преобразователи* также выполнены на базе транзисторов IGBT и работают по принципу широтно-импульсной модуляции. Они инвертируют напряжение постоянного тока в трехфазное переменное с регулируемой амплитудой и частотой, подаваемое на асинхронные тяговые двигатели, а также контролируют силу тяги, тормозное усилие и, следовательно, скорость поезда. В ветви каждой фазы имеется две IGBT-сборки, каждая из которых содержит транзистор и диод, включенные антипараллельно. Максимальная частота коммутации по фазе составляет 800 Гц. В режиме электродинамического торможения мощность через преоб-

разователь проходит в обратном направлении, а трехфазный ток преобразуется в постоянный.

Функции контроля обеспечивает блок DCU/M через GDU (устройство управления затвором), регулирующее питание сетки в зависимости от напряжения.

В случае если контактная сеть не может воспринимать энергию рекуперации, или в зонах, где рекуперативное торможение не допускается, электрическая энергия торможения специальными прерывателями направляется в тормозные резисторы, где и рассеивается в виде тепловой. Тормозные прерыватели работают по принципу широтно-импульсной модуляции с фиксированной частотой коммутации 250 Гц по фазе и выполняют также функции ограничения напряжения в звене постоянного тока на уровне 1800 В, играя роль быстродействующей защиты против перенапряжения (отключая цепь при напряжении 1950 В и вновь включая ее, когда напряжение снижается до 1800 В).

Трехфазные *вспомогательные преобразователи*, аналогично другим выполненным на транзисторах IGBT и функционирующие по принципу широтно-импульсной модуляции, преобразуют напряжение вторичной обмотки вспомогательного трансформатора и обеспечивают питание вспомогательных потребителей энергии напряжением 3×400 В, 50 Гц. Контроль за их работой осуществляет блок DCU/A.

### Пример: дизельный тяговый привод

Функциональные характеристики дизеля выбираются так, чтобы удовлетворять потребности в силе тяги, а также в питании бортового оборудования поезда с минимальным расходом топлива и уровнем излучаемого шума, особенно при трогании с места на станциях.

Управление дизелем осуществляется в функции частоты вращения, рассчитываемой исходя из требуемой мощности (максимальная мощность соответствует максимальной частоте вращения). Однако естественная кривая мощности дизеля в условиях тяги поездов не дает оптимизации расхода топлива и снижения уровня выделяемого шума. Поэтому для регулирования работы дизеля используется электронный модуль тяги (PCU), устанавливающий режим в зависимости от массы поезда и требуемой скорости. Необходимые постоянные вводные сведения задаются машинистом перед троганием со станции. Учитываются также потребности вспомогательных потребителей энергии. Кроме того, в тяговых расчетах принимаются во внимание ограничения, зависящие от мощности преобразовательных модулей и температуры нагрева транзисторов IGBT.

В соответствии с полученными расчетными данными модуль PCU определяет нужную частоту вра-

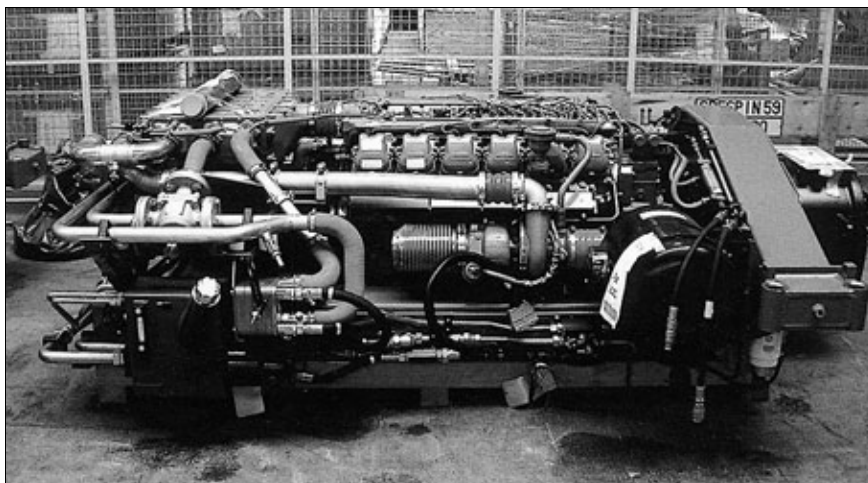


Рис. 6. Блок powerpack

щения дизеля и направляет соответствующий сигнал в электронную систему управления дизелем (EDC), осуществляющую необходимые манипуляции.

**Дизель-генераторный блок (powerpack).** Важнейшим элементом дизельного тягового привода является силовой агрегат, состоящий из дизеля, генератора и связанного с ними оборудования, выполненный в виде единого блока powerpack (рис. 6).

В качестве первичного источника энергии служит 12-цилиндровый V-образный дизель компании MAN мощностью 662 кВт, выпускаемый серийно и широко используемый в промышленности и на транспорте. Дизель оснащен коллектором впрыска топлива под высоким давлением. Он отвечает требованиям норм МСЖД 623 и 624. С точки зрения экологии этот двигатель в автомобильном варианте отвечает требованиям норм EURO 2; в процессе разработки находится вариант, соответствующий нормам EURO 3. Именно им намечено оснащать поезда АГС с дизельным и комбинированным тяговым приводом, которые будут поступать в регулярную эксплуатацию.

В конструкции агрегата предусмотрены меры по облегчению технического обслуживания и ухода. Так, обеспечен доступ к верхней части дизеля без рассоединения топливных, водяных и масляных трубопроводов. Для этого достаточно применить три синхронно действующих электрических домкрата, которые опускают агрегат на 20 см без необходимости в демонтаже соединений.

В паре с дизелем использован трехфазный асинхронный генератор мощностью 600 кВт при частоте вращения 2100 об/мин. Предпочтение отдано асинхронной технологии, поскольку она позволяет получить выигрыш в массе и надежности за счет меньшего числа обмоток.

Одной из возникших проблем стало обеспечение должной вентиляции генератора. При выборе местоположения забора воздуха для вентиляции найден компромисс между чистотой воздуха (чем выше мес-

то забора, тем чище воздух) и комфортом в пассажирском салоне, который мог быть ухудшен вследствие занятия полезного объема и повышения уровня шума.

По конструктивным соображениям место забора воздуха не может располагаться выше чем 930 мм над УГР, т. е. в зоне загрязненного воздуха. Следовательно, необходимо осуществлять его фильтрацию без чрезмерных потерь напора, что требует увеличения размеров вентиляторов и усложняет техническое обслуживание фильтров, в том числе их замену, из-за стесненного пространства.

Для решения этой проблемы были изучены факторы влияния. Действительно, в воздухе присутствуют загрязнения двух видов: пылевидные, которые очень быстро (в течение нескольких недель) засоряют фильтры, теплообменники и в значительной степени различны в разных регионах, и абразивные, содержащиеся в основном частицы кремния и присутствующие повсеместно. Единого решения по фильтрации этих загрязнений не существует.

Было принято решение устанавливать пылевые фильтры в легко доступном из ремонтно-смотровой канавы месте, причем только в случае высокой степени запыленности воздуха, что зависит от местности и сезона. Очень эффективны фильтры из минерального стекловолокна, но они засоряются уже через несколько дней. Однако их можно легко заменять за несколько минут во время очередного технического осмотра, что не вызывает осложнений в эксплуатации.

Против абразивных загрязнений защиту найти труднее, поэтому следует сделать обмотки генератора малочувствительными к ним. Bombardier предложила решить проблему путем снижения расхода и скорости воздуха в опасных зонах статора и защиты этих зон дополнительной изоляцией.

#### *Комбинированный тяговый привод*

Опыт, приобретенный при разработке и эксплуатации дизельного и электрического моторвагонного подвижного состава, стремление к использованию синергетического эффекта, а также желание совместно эксплуатировать поезда с разным тяговым приводом естественно привели к созданию универсального подвижного состава.

При этом для обеспечения совместимости дизельного и электрического тягового привода было необходимо оптимизировать число общих узлов (моторные тележки, передачи, тяговые двигатели) и обеспечить аналогичное управление разными видами тяги.

Нашедшая в последнее время использование на подвижном составе технология применения шины постоянного тока в качестве источника регулируемой энергии для тяги и вспомогательных нужд позволила разработать комбинированный (дизельный плюс электрический по системе постоянного тока 1,5 кВ) вариант тягового привода на базе дизельного.

Теоретически довольно просто реализовать комбинированный привод и для двух систем электроснабжения (1,5 кВ постоянного и 25 кВ, 50 Гц переменного тока), но при этом необходимо дополнительно разместить на поезде тяговый трансформатор. В кузове его устанавливать нежелательно, так что единственным оставшимся свободным местом является крыша прицепного промежуточного вагона R2 четырехвагонного поезда. Новый вариант поезда AGC разрабатывается именно в этом направлении.

### Тормоза

Тормозная система поезда AGC включает:

- пневматический фрикционный автоматический тормоз непрерывного действия с двумя магистралями, ступенчатым торможением и отпуском и с электрическим кнопочным управлением от крана машиниста;
- электродинамический тормоз (реостатный и рекуперативный; у дизельного варианта — только реостатный), применяемый совместно с пневматическим на моторных тележках при служебном торможении.

Тормозное усилие тормоза каждого из указанных типов зависит от нагрузки на соответствующую тележку.

На моторных тележках электронное управление тягой и торможением обеспечивает совместную работу электродинамического и пневматического тормозов с приоритетом электродинамического.

При экстренном торможении пневматический тормоз выполняет функцию дополнительного к электродинамическому.

Независимость режимов торможения разных тележек обеспечивается электродинамическим тормозом, а разных колесных пар — пневматическим.

Кроме того, моторные вагоны оснащены:

- стояночным тормозом, заменяющим пневматический тормоз при отключении последнего;
- стояночным тормозом для опробования тормозов.

Каждый вагон оборудован также двумя независимыми системами защиты от проскальзывания, одна из которых интегрирована в управление тяговым генератором, а другая в управление пневматическим тормозом. Независимо от составности поезда действие этих систем регулируется отдельно для каждой тележки моторных вагонов и для каждой колесной пары прицепных.

### Тележки

При выработке конструктивной концепции тележек поезда AGC исходили, во-первых, из сочлененности вагонов и, во-вторых, из стремления обеспечить понижение уровня пола на максимально возможной площади. Это обусловило небольшую высоту тележек и их компактность. В качестве прототипов были выбраны тележки поездов семейства Talent компании Talbot.

Поддерживающие тележки (рис. 7) относятся к типу Jacob. Буксовое рессорное подвешивание тележки состоит из резинометаллических пружин, центральное подвешивание — из четырех пневматических рессор, баллоны которых соединены между собой. Два поводка (по одному на кузов каждого опирающегося на тележку вагона) обеспечивают сопротивляемость колебаниям виляния. На каждом колесе тележки смонтированы два тормозных диска.

Моторные тележки (рис. 8) имеют комбинированное буксовое подвешивание (резинометалличе-

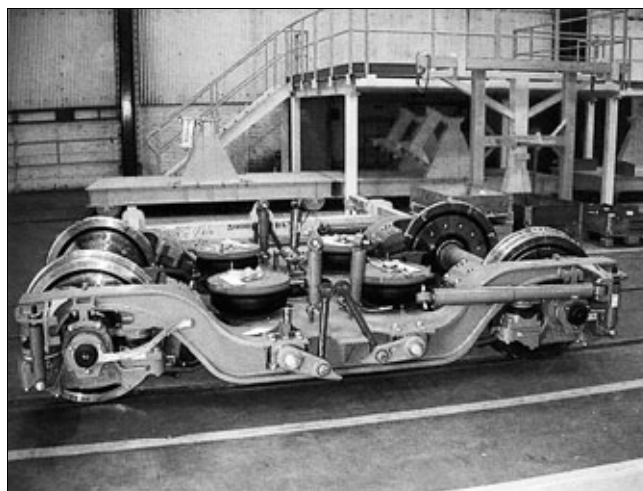


Рис. 7. Поддерживающая тележка

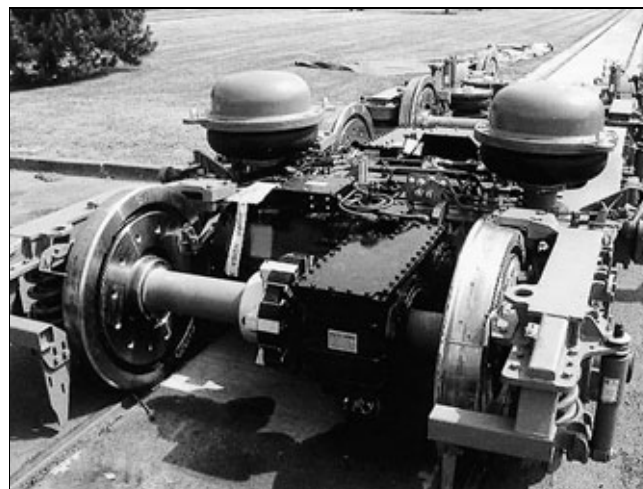


Рис. 8. Моторная тележка



ская пружина с внутренней стороны буксы и цилиндрическая пружина с наружной). Центральное подвешивание тележки выполнено в виде двух пневматических рессор. Блок тяговый двигатель — редуктор опирается в двух точках на раму тележки и на колесную пару посредством упругого промежуточного элемента. Каждое колесо тележки также оснащено тормозными дисками, установленными с обеих его сторон.

### Совместимость поездов

Поезда могут эксплуатироваться как отдельно, так и в сцепе до трех единиц. Таким образом, общая длина состава может варьироваться от 42 (один двухвагонный поезд) до 218,4 м (три четырехвагонных поезда). Предусмотрена возможность сцеплять поезд с тяговым приводом разных типов.

При рассмотрении совместимости за основные приняты три типа дизельных и два типа электрических поездов:

- «стандартный» дизель-поезд (X Std), имеющий систему управления только для дизельного тягового привода с электрической передачей;
  - вариант исполнения дизель-поезда X Std, получивший название «сцепляемого» (X Cpl) и имеющий систему управления, позволяющую управлять сцепленным с ним электропоездом, т. е. токоприемниками и переключателями режимов тяги и торможения;
  - поезд с комбинированным тяговым приводом (X Vim), который можно сцеплять с электропоездом, рассчитанным на питание от системы электроснабжения постоянного тока напряжением 1,5 кВ (и только от нее);
  - «стандартный» электропоезд (Z Std), имеющий систему управления только для электрического тягового привода;
  - вариант исполнения электропоезда Z Std, получивший название «сцепляемого» (Z Cpl) и имеющий систему управления, позволяющую управлять сцепленным с ним дизель-поездом, т. е. дизелями и тяговыми реле QT, регулирующими режимы тяги и торможения.
- В общем случае поезда семейства AGC можно объединять в единый состав следующим образом:
- дизель-поезда X Std — с дизель-поездами X Std, X Cpl и поездами с комбинированным тяговым приводом X Vim;
  - дизель-поезда X Cpl — с дизель-поездами X Std, X Cpl, поездами с комбинированным тяговым приводом X Vim и электропоездами Z Cpl на обе системы тягового электроснабжения (1,5 кВ постоянного и 25 кВ, 50 Гц переменного тока);
  - поезда с комбинированным тяговым приводом X Vim — с дизель-поездами X Std, X Cpl, поездами с

комбинированным тяговым приводом X Vim и электропоездами Z Cpl только на систему электроснабжения 1,5 кВ постоянного тока;

- электропоезда Z Std — с поездами с комбинированным тяговым приводом X Vim и электропоездами Z Std, Z Cpl;
- электропоезда Z Cpl — с дизель-поездами X Cpl, поездами с комбинированным тяговым приводом X Vim и электропоездами Z Std, Z Cpl.

При этом не предусмотрена асимметричная конфигурация сцепа (т. е. с поездами разных типов в голове и хвосте), как допускающая движение только в одном направлении, что осложняет эксплуатацию. В целях упрощения поезд X Vim рассматривается как имеющий тот же тяговый привод, что и сцепленный с ним дизель- или электропоезд.

Переход из одного режима тяги в другой и управление поездами с разными типами тягового привода, как не имеющие прецедента, являются объектом изучения специалистов железных дорог. При вводе поездов AGC в эксплуатацию требуются определенные дополнения и изменения в действующей руководящей и нормативной документации, в том числе в правилах вождения поездов, а также переподготовка локомотивных бригад и ремонтного персонала. Эта работа ведется дирекцией подвижного состава SNCF.

Основные технические характеристики поездов AGC разной составности и с разным тяговым приводом приведены в таблице.

### Заключение

Из 20 регионов Франции, вовлеченных в программу регионализации пассажирских сообщений и эксплуатирующих поезда семейства TER, 19 заказали или намерены заказать поезда AGC. По состоянию на начало 2004 г. объем заказов на эти поезда составлял 300 ед., в том числе 190 дизельных (включая 80 с комбинированным тяговым приводом) и 110 электрических; число заказанных четырехвагонных поездов было равно 42 ед. (Примечание: в начале 2005 г. Bombardier Transportation получила два дополнительных заказа, так что общий их объем достиг 427 ед.)

Первый предсерийный поезд AGC был представлен в октябре 2003 г. Поставки поездов серийной постройки начаты в 2004 г. и будут продолжаться вплоть до 2008 – 2009 гг. Поезда строит завод Bombardier в Креспене (близ Валансьена) с темпом до 8 ед. в месяц.

Техническая логика подсказывает, что сначала следовало бы скомплектовать парк поездов AGC для какого-либо первого депо приписки, чтобы быстрее

Технические характеристики поездов АГС

Параметр	Двухвагонные поезда		Трехвагонные поезда			Четырехвагонные поезда		
	с дизельным тяговым приводом	с электрическим тяговым приводом	с дизельным тяговым приводом	с комбинированным тяговым приводом	с электрическим тяговым приводом	с дизельным тяговым приводом	с комбинированным тяговым приводом	с электрическим тяговым приводом
Длина поезда, м	42		57,4			72,8		
Ширина кузова, м	2,95							
Высота, м	4,0							
Масса при номинальной населенности, т	92,6	94,6	136	131,6	121,6	158,5	159,9	149,5
Число мест для сидения	120		160			220		
Число пассажиров, едущих стоя (из расчета 4 чел./м <sup>2</sup> )	130		200			250		
Мощность, кВт	622	1300	2×622	1300		2×622	1300	
Максимальная скорость, км/ч	140	160			140	160		
Ускорение от 0 до 50 км/ч, м/с <sup>2</sup>	0,45	1,0	0,66	0,81		0,52	0,67	
Замедление при служебном торможении, м/с <sup>2</sup>	1,04	1,09	1,05			1,1		
Минимальный радиус проходимых кривых, м	80							

обеспечить наличие критического числа единиц подвижного состава, позволяющего оптимально организовать его ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание. Однако техническая логика и политические реалии бывают иногда несовместимы. Действительно, трудно понять, почему регионы-заказчики расплывают заказы по срокам поставки и выстраиваются в своего рода очередь. Так, на первый год заказы на 40 ед. нового подвижного состава распределены между 12 городами. Эта необычная ситуация требует по-новому обеспечить эффективное решение неизбежных проблем, связанных с вводом поездов в эксплуатацию.

Для достижения высокого уровня надежности и эксплуатационной готовности подвижного состава необходима база данных по начальному этапу опытной эксплуатации. В этих целях создана рабочая

группа из специалистов SNCF и компании-изготовителя, которая размещена в депо Невер, чтобы находиться как можно ближе к месту событий. Группа получает информацию от разнообразной бортовой и стационарной диагностической аппаратуры, а сведения об отказах оборудования передаются в соответствующие инстанции по GSM. Наконец, намечено организовать «горячую линию» для оказания оперативной помощи работникам других депо (по мере поступления поездов) со стороны SNCF или Bombardier, а также разработать технологические процессы технического обслуживания, текущего ремонта и программы обучения персонала.

*P. Villard, F. Ancelet. Revue Générale des Chemins de Fer, 2004, № 7, p. 7 – 24.*