

AGV — ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗД НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В феврале 2008 г. в Ла-Рошели (Франция) состоялась презентация нового высокоскоростного поезда, созданного компанией Alstom и получившего название AGV (Automotrice à Grande Vitesse, рис. 1 и 2). В дальнейшем прошли испытания AGV на полигоне в Чехии и во Франции, поезд был представлен общественности на выставке InnoTrans 2008. Ниже приведены более подробные сведения о поезде, в том числе о хронологии его проектирования и изготовления, об особенностях конструктивной концепции и испытаниях.

На современном этапе развития перед системами высокоскоростных железнодорожных сообщений встала проблема обеспечения конкурентоспособности в отношении воздушного транспорта на расстоянии вплоть до 1000 км. Поездка в поезде на это расстояние должна продолжаться примерно 3 ч, т. е. меньше, чем полет на самолете вместе с процедурами при отправлении и прибытии. Добиться этой цели можно, имея подвижной состав с максимальной эксплуатационной скоростью не менее 360 км/ч. Значимыми факторами являются перегруженность аэропортов, а также экологическая чистота и топливно-энергетическая экономичность, в чем железные дороги имеют признанные преимущества перед другими видами транспорта, хотя возможен и дальнейший прогресс.

Общая концепция

Рассчитанный на эксплуатацию со скоростью до 360 км/ч поезд AGV впервые сочетает в себе два принципа, никогда ранее не встречавшихся одновременно в высоко-

скоростных поездах, — сочлененность и распределенную тягу.

Принцип сочлененности предполагает опирание смежных вагонов на общие тележки, расположенные между ними. Эта технология, с успехом используемая компанией Alstom в других поездах, в том числе высокоскоростных, позволяет снизить уровень шума и вибраций в пассажирских салонах, уменьшить силы во взаимодействии вагонов в

составе поезда, оптимизировать аэродинамические характеристики, повысить уровень безопасности и за счет уменьшения числа тележек в поезде сократить на 15% стоимость работ по его техническому содержанию.

Принцип распределенной тяги позволяет отказаться от использования в поездах моторных вагонов (в сущности, локомотивов) без мест для пассажиров и за счет этого при той же длине поезда существенно увеличить пассажироместимость, а также улучшить продольную динамику поезда. Кроме того, этот принцип в большей степени позволяет использовать принцип модульности конструкции и обеспечить большую гибкость в формировании поезда, в состав которого можно включать разное число вагонов в зависимости от потребностей заказчиков, определяемых имеющимися пассажиропотоками.

Указанное сочетание в комбинации с использованием прогрессивных конструкционных материалов и электрооборудования тягового привода дало возможность уменьшить примерно на 70 т массу поезда AGV по сравнению с поездами, выполненными по традиционной концепции и имеющими аналогичные пассажироместимость и тех-



Рис. 1. Президент Франции Н. Саркози на презентации поезда AGV (фото: Alstom)



Рис. 2. Общий вид поезда AGV (фото: Alstom)

нико-эксплуатационные параметры, а также снизить на 15% расход электроэнергии на тягу, что еще более улучшило его экологические характеристики.

Суммируя, можно указать основные характеристики электропоезда AGV (в зависимости от варианта исполнения): составность — от семи до 14 вагонов, длина — от 130 до 250 м, масса тары — от 270 до 510 т,

мощность — от 6000 до 12 тыс. кВт, удельная мощность — 22 кВт/т, число мест для сидения — от 250 до 650.

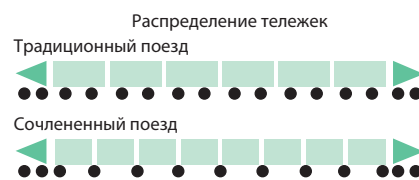


Рис. 3. Компоновочные схемы традиционного и сочлененного поездов

Следует также отметить, что поезд AGV может быть выполнен в расчете на питание от разных (вплоть до четырех) систем тягового электроснабжения: 25 кВ, 50 Гц и 15 кВ, 16,7 Гц переменного, а также 1,5 и 3 кВ постоянного тока.

Сочлененность

Компания Alstom и ранее предпочитала (по согласованию с Национальным обществом железных дорог Франции, SNCF) строить высокоскоростные поезда широко известного семейства Trains à Grande Vitesse (TGV) сочлененными. Этот принцип (рис. 3) предлагает максимум комфорта, безопасности при минимуме массы.

У традиционных поездов тележки расположены под кузовами вагонов, т. е. под пассажирскими помещениями и, соответственно, под местами для сидения. В поездах семейства TGV тележки размещены между вагонами. Помимо других явных достоинств, связи между кузовами смежных вагонов в узлах сочленения (рис. 4) практически полностью поглощают взаимные перемещения кузовов.

Поезда TGV, а теперь и AGV являются единственными в мире высокоскоростными поездами, в которых воплощен принцип сочлененности.

Обычный поезд формируется из вагонов, каждый из которых установлен на двух тележках, а вагоны соединены между собой сцепными устройствами. Так, поезд длиной 200 м состоит из шести пассажирских вагонов и двух моторных вагонов на концах и, таким образом, имеет 16 тележек.

Сочлененный поезд формируется из взаимосвязанных вагонов, соединенных между собой общими тележками. Таким образом, поезд из восьми пассажирских вагонов, часть из которых моторные, имеет 13 тележек (на 20% меньше, чем обычный поезд).

Преимущества сочлененного поезда состоят в следующем.

Безопасность. Тот факт, что вагоны взаимосвязаны, повышает жесткость состава. Таким образом, в случае схода с рельсов поезд сохраняет свою целостность и не теряет конфигурацию в противоположность обычному поезду, который в такой ситуации «складывается».

Комфорт для пассажиров. Распространение шума и вибраций, возникающих при движении поезда, ограничено зоной между вагонами, что обеспечивает максимальный шумовой и вибрационный комфорт в пассажирских помещениях. Более того, взаимосвязанность вагонов уменьшает относительные перемещения их кузовов, и это позволяет устраивать более эффективные с точки зрения сопротивляемости волнам сжатия воздуха прикрытие межвагонных переходов и уменьшать за счет этого воздействие изменений давления воздуха (например, при входе в тоннели, выходе из них или при встрече двух поездов, идущих с высокой скоростью) на органы слуха пассажиров.

Аэродинамика. Уменьшение числа тележек уменьшает аэродинамическое сопротивление поезда движению. Сложная конструкция тележек обуславливает интенсивные завихрения воздуха в подкузовном пространстве вагонов, поэтому чем меньше число тележек, тем меньше турбулентность и, следовательно, сопротивление воздуха.

Экономичность. Стоимость тележек составляет существенную часть стоимости вагонов, так что чем меньше тележек, тем дешевле вагоны. Кроме того, на тележки ввиду наличия в них наиболее подверженных износу компонентов (колес, деталей тормозной системы, амортизаторов и т. п.) приходится от 35 до 40% расходов на техническое обслуживание вагонов, так что чем меньше тележек, тем ниже эти расходы.



Рис. 4. Схема узла сочленения смежных вагонов (источник: Alstom)

Распределенная тяга

Прогресс в области силовой электроники позволил значительно уменьшить массогабаритные параметры компонентов электрооборудования тягового привода железнодорожного подвижного состава. Это в свою очередь дало возможность разместить электрооборудование не в специальных головном и хвостовом моторных вагонах (по принципу сосредоточенной тяги), а под кузовами всех вагонов поезда (по принципу распределенной тяги).

При разработке электропоезда последнего поколения AGV компания Alstom отказалась от сосредоточенной тяги в пользу распределенной. Это высвободило пространство для размещения в вагонах большего числа мест для пассажиров. Общая площадь пола в поезде, на которой можно расставить пассажирские кресла и обустроить зоны специального назначения (например, для проезда лиц на инвалидных колясках, для использования в виде конференц-залов или отделений для пассажиров, едущих группами

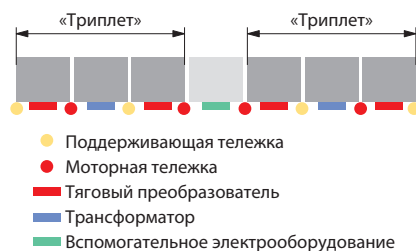


Рис. 5. Схема реализации принципа распределенной тяги на поезде AGV

или семьями), расширилась на 20%, что позволило компаниям-операторам увеличить провозную способность обслуживаемых ими сообщений без назначения дополнительных поездов.

Применение принципа распределенной тяги дало также возможность более эффективно использовать длину посадочных платформ на станциях, так как при наличии в поезде моторных вагонов без мест для пассажиров эти вагоны бесполезно занимали определенную часть длины платформ в их начале и конце или даже в середине (при эксплуатации сдвоенных поездов).

В поезде AGV принцип распределенной тяги реализован на основе «триплетной» компоновки (рис. 5). Из каждых трех вагонов образована группа, состоящая из двух концевых вагонов и одного промежуточного, под кузовом которого размещен тяговый трансформатор; моторные (рис. 6) и поддерживающие тележки при этом чередуются. При формировании поезда такие группы соединяются с постановкой между ними вагонов, под кузовом которого размещено вспомогательное электрооборудование. Таким образом, составность и, следовательно, длину поезда можно изменять в зависимости от числа «триплетов» в нем.

Таким образом, распределенная тяга, реализованная в поезде AGV, имеет следующие преимущества.

Увеличение числа мест. В вагонах поезда в распоряжении компании-оператора имеется существенно больше полезной площади, и общую пассажировместимость поезда можно изменять от 300 до 700 чел.

Модульность. В отличие от поездов семейства TGV, которые можно было формировать только из одного или двух составов по восемь вагонов в каждом, в поезде AGV можно включать 7, 8, 10, 11, 13 или 14 вагонов. Это позволяет эксплуатировать поезда именно из такого числа вагонов, какое соответствует спросу на перевозки.



Рис. 6. Подкатка моторной тележки под кузов вагона поезда AGV (фото: Alstom)

Экономия энергии. Удельное потребление электроэнергии на тягу у поезда AGV на 30% меньше, чем у поездов семейства TGV.

Сокращение затрат на техническое обслуживание. Эти затраты, приведенные к одному пассажирскому месту, у поезда AGV с распределенной тягой на 30% меньше, чем у поездов традиционной компоновки с сосредоточенной тягой.

Синхронные тяговые двигатели с возбуждением от постоянных магнитов

Все более ужесточающиеся требования к повышению экономичности транспортных средств вынуждают компании — изготовители подвижного состава оптимизировать тяговый привод. В этом отношении наиболее заметными достижениями технического прогресса в силовой электронике и электромашиностроении являются разработка и внедрение биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) и синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов. Оба эти новшества позволили уменьшить массогабаритные параметры электрооборудования, по-

высить его КПД, снизить потребление энергии и сократить расходы на техническое обслуживание.

AGV стал одним из первых электропоездов, на котором применены тяговые двигатели с возбуждением от постоянных магнитов (рис. 7).

С электротехнической точки зрения электродвигатели на постоянных магнитах подобны давно известным динамомашинам. Их достоинствами являются высокая удельная мощность (по отношению к массе), превышающая 1 кВт/кг, в то время как для электродвигателей других типов этот показатель равен не более 0,8 кВт/кг. Одновременно с высокой мощностью для них характерны компактность и эффективность. Использование посто-



Рис. 7. Обмотки тягового двигателя на постоянных магнитах (фото: Alstom)

янных магнитов для создания поля возбуждения позволяет избежать потерь энергии, свойственных традиционным электрическим машинам. Для питания тяговых двигателей применены электронные преобразователи на базе IGBT-транзисторов, имеющих лучшие характеристики по сравнению с ранее применявшимися запираемыми GTO-тиристорами.

Благодаря новым тяговым двигателям стало возможным оптимизировать число моторных тележек для обеспечения желаемых тяговых характеристик поезда.

Преимущества синхронных тяговых двигателей с возбуждением от постоянных магнитов:

- высокие технико-эксплуатационные показатели, в том числе удельная мощность;
- высокая энергетическая эффективность (КПД на уровне 97%);
- благоприятные массогабаритные показатели (двигатель на постоянных магнитах занимает на 1/3 меньше места, чем асинхронный той же мощности, что весьма важно для электроподвижного состава с присущими ему пространственными ограничениями);
- простота монтажа на раме тележки и встраивания в колесомоторный блок.

Испытания

После презентации первый опытный поезд AGV, получивший название Régase, был направлен для статических испытаний на завод Alstom в Ла-Рошели (Франция), а затем на экспериментальный полигон в Велике (Чехия), где в течение 4 мес проводились испытания с целью доводки и регулирования наиболее важных компонентов механической и электрической части. Испытательные пробеги выполнялись со скоростью до 200 км/ч, максимально допустимой для указанного полигона. В ходе испытаний проверялась, в частности, достоверность компьютерных

моделей, использованных при проектировании поезда. Широте масштабов испытаний способствовала возможность выполнения пробегов при питании от всех четырех систем тягового электроснабжения, на которые рассчитан поезд AGV.

По завершении этих испытаний поезд прибыл на недавно введенную в эксплуатацию высокоскоростную линию LGV Est (Париж — Страсбург) железных дорог Франции. Здесь по ночам (когда не ходят регулярно обращающиеся на линии графические поезда TGV) выходных дней с 21 ноября по 14 декабря 2008 г. поезд выполнял рейсы при движении со скоростью вплоть до максимально допустимой на этой линии (360 км/ч), преодолев в общей сложности более 7500 км.

Для испытаний был выделен участок длиной 170 км между станциями Лоррен и Шампань-Арденны (рис. 8); именно на этом участке в апреле 2007 г. был установлен абсолютный мировой рекорд скорости на железных дорогах, равный 574,8 км/ч. В их проведении участвовали около 60 специалистов Alstom, SNCF и Eurailtest — уполномоченной организации по испытаниям подвижного состава и инфраструктуры рельсового транспорта Франции. Значения параметров, характеризующих функционирование всех систем поезда, измерялись с помощью примерно 4000 датчиков и регистрирующих устройств.

Опытный поезд сформирован из семи вагонов. В двух (шестом и седьмом) были без изменений сохранены пассажирские помещения, салоны остальных пяти вагонов были превращены в лаборатории (рис. 9). В первом, втором и пятом вагонах разместились рабочие места специалистов-испытателей, в третьем установили два генератора для питания энергией испытательного оборудования, четвертый вагон служил в качестве технической базы.

На данном этапе испытаний основной целью было исследование



Рис. 8. Поезд AGV на станции Шампань-Арденны перед отправлением в испытательный рейс (фото: Alstom)

динамических характеристик поезда в условиях, аналогичных реальным эксплуатационным. Без таких испытаний было невозможно, например, определить аэродинамические и аэроакустические характеристики, такие, как сопротивление воздуха или воздействие воздушной струи от поезда, движущегося с максимальной скоростью, на объекты, находящиеся вблизи пути. Кроме того, необходимо убедиться в достижении поставленной цели обеспечения внутри

вагонов при движении со скоростью 360 км/ч того же уровня шума, что и в вагонах других поездов при движении со скоростью 300 км/ч.

Однако особое внимание было уделено изучению взаимодействия в системах колесо — рельс и токоприемник — контактный провод, имеющего большое значение при организации высокоскоростного движения поездов. Это внимание оправдано, в частности, и тем, что такое взаимодействие весьма труд-



Рис. 9. В одном из вагонов опытного поезда AGV во время испытаний (фото: Alstom)

Хронология создания поезда AGV

Время	Событие	Подробности
1998 г.	Начало исследований компании Alstom по высокоскоростному поезду нового поколения	Стремление высвободить пространство, занятое электрооборудованием на моторных вагонах
2001 г.	Постройка поезда-прототипа	Реализация принципа распределенной тяги на поезде, получившем название Elisa
2003 г.	Определение основных технико-эксплуатационных характеристик поезда	—
2004 г., июнь	Принятие решения о постройке опытного поезда	Создание рабочей группы из 160 специалистов для разработки проекта поезда
2005 г., январь	Выбор руководством компании одного из четырех вариантов наружного дизайна поезда, разработанных группой Design & Styling Studio	—
2005 г., ноябрь	Презентация макета головного вагона поезда на выставке Eurailspeed в Милане (Италия)	—
2006 г., июль	Принятие окончательного решения по дизайну поезда	Подгонка проекта поезда к утвержденному дизайну
2006 г., октябрь	Начало изготовления первых компонентов поезда	Сборка первых узлов и агрегатов на заводе в Ла-Рошели
2007 г., февраль	Изготовление кузова первого вагона поезда	—
2007 г., 1 апреля	Установление мирового рекорда скорости на рельсовом транспорте	Проверка принятых для поезда технических решений
2007 г., октябрь	«Первый оборот колес»	Проверка взаимодействия между кузовами и тележками, а также между первыми двумя сцепленными вагонами в движении
2008 г., 5 февраля	Презентация первого поезда AGV на заводе Alstom в Ла-Рошели	—
2008 г., 14 мая	Отправка поезда для испытаний на экспериментальный полигон в Велиме	—
2008 г., май — сентябрь	Ходовые испытания поезда в Велиме	Испытательные пробеги со скоростью до 200 км/ч
2008 г., сентябрь	Презентация поезда на выставке InnoTrans 2008 в Берлине	—
2008 г., ноябрь-декабрь	Ходовые испытания поезда на линии LGV Est	Испытательные пробеги со скоростью до 360 км/ч

но моделировать с помощью компьютерных средств, особенно для высокоскоростного поезда, выполненного сочлененным.

В ходе испытаний с помощью датчиков и ускоренимеров измеряли поперечные и вертикальные силы воздействия подвижного состава на путь и уровень вибраций, возникающих в поезде (это важно с точки зрения обеспечения комфорта для пассажиров). Силы воздействия токоприемника на контактный провод и величину отжата контактного провода измеряли также с помощью датчиков, а качество токосъема, в частности частоту возникновения электрической дуги при прерываниях контакта, определяли с помощью видеокамер, смонтированных на крыше вагона.

Не менее важным было изучение работы тормозной системы (в частности, измерение длины тормозного пути) в разных режимах и условиях эксплуатации, в том числе в режиме экстренного торможения и при разных значениях коэффициента сцепления (например, при искусственном увлажнении рельсов мыльным раствором для имитации наличия листвы). От надежности тормозов, как известно, во многом зависит безопасность движения поездов.

Среди объектов изучения были также боксование при трогании и проскальзывание при торможении.

Взаимодействие поезда с окружающей средой изучали во многих аспектах. Так, проверяли соответствие поезда требованиям по электромагнитной совместимости (на

отсутствие помеховых влияний), поскольку при движении поезда не должен нарушаться нормальный режим работы как напольных устройств систем сигнализации и электроснабжения, так и бытовых электро- и электронных устройств в близкорасположенных жилых домах, и наоборот, системы поезда, в частности аппаратура радиосвязи, не должны быть подвержены влияниям извне.

Поезд AGV является экологически чистым транспортным средством. Согласно расчетам, в которых учтены природоохранные характеристики производства электроэнергии во Франции, выделение поездом углекислого газа в атмосферу составляет 2,2 г/пассажира-км, что в 13 раз меньше по сравнению с автобусом (30 г), в 50 раз — по

сравнению с легковым автомобилем (115 г) и в 70 раз — по сравнению с самолетом (153 г/пассажиро-км).

Проверялись также все более чем 100 параметров, информация о которых в обычном и аварийном режимах работы поезда выводится на дисплеи в кабине управления (рис. 10). В их числе: состояние быстродействующих выключателей и токоприемников, функционирование системы выбора тока питания, систем наружного и внутреннего освещения, кондиционирования воздуха и т. п.

Дальнейшие испытания и наладочные работы будут продолжены снова в Велиме. После этого поезд будет направлен на железные дороги Италии, чтобы в 2009 г. получить одобрение на поставки таких поездов первому заказчику — частной итальянской компании-оператору Nuovo Trasporto Viaggiatori (NTV), которая намерена выйти с поездами



Рис. 10. Пульт машиниста в кабине управления поезда AGV (фото: Alstom)

AGV на рынок высокоскоростных пассажирских сообщений в Италии. NTV заказала Alstom 25 поездов (контрактом предусмотрено также их фирменное техническое обслу-

живание в течение 30 лет) с опцией еще на 10 ед. Серийная их постройка должна начаться в 2010 г.

По материалам компании Alstom.



**Журнал «Железные дороги мира»
и издательство «Интекст»**



ПОИСК И ОБОБЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

**о зарубежных рынках и инновациях
в области магистрального и промышленного
железнодорожного, а также городского рельсового транспорта**

**для компаний,
выходящих на внешний рынок,
заинтересованных в инновационных решениях,
ищущих поставщиков комплектующих.**

**Обзоры техники для железнодорожного
и городского рельсового транспорта**

Статистическая информация

**Подборки статей и других материалов
по железнодорожной тематике**

**Заинтересованные организации просим обращаться в редакцию журнала «Железные дороги мира»
по телефону (499) 317-55-65 и электронной почте zdm@css-rzd.ru**