

Программа обновления парка высокоскоростного подвижного состава Великобритании

Министерство транспорта Великобритании (DfT) готовит крупномасштабную, рассчитанную до 2020 г. программу Intercity Express ввода в эксплуатацию высокоскоростного подвижного состава нового поколения (IEP). Заключение контрактов с изготовителями подвижного состава намечено на зиму 2008/09 финансового года, начало предсерийных испытаний — на май 2012 г., ввод в эксплуатацию первых поездов — на 2014 г.

Для потенциальных претендентов на поставки нового подвижного состава DfT подготовило функциональное техническое задание (Functional Specification), в котором все параметры разделены на две категории: обязательные и необязательные (дополнительные). Первые определяют минимально допустимый технический уровень и основные эксплуатационные характеристики подвижного состава, необходимые для успеха програм-

мы (достижения бизнес-целей) или диктуемые действующим законодательством или стандартами в отношении, например, вредных выбросов в окружающую среду. Дополнительные параметры, как правило, повышают привлекательность и расширяют возможности проекта, и от того, насколько они увеличивают ценность конечного продукта, зависит решение по обоснованности превышения уровня основных параметров. Следует отметить, что

по мере продвижения проекта DfT изменяло параметры обеих категорий, как обязательные, так и дополнительные.

Эксплуатационные показатели

Пассажирские поезда трех типов, которые будут спроектированы и изготовлены в соответствии с программой IEP, должны иметь высокую удельную мощность (от 10,7 до 13,4 л. с./т), обеспечивающую примерно такое же, как у эксплуатируемых дизель-поездов серии 220 Voyager (рис. 1), ускорение после трогания с места до скорости 80 км/ч. Удельная мощность поезда Voyager при массе 185,6 т и суммарной мощности четырех дизельных двигателей типа Cummins QSK19 (рис. 2), равной 3000 л. с., составляет около 16 л. с./т. Очевидно, что не вся эта мощность расходуется на тягу, поэтому вопрос о необходимости столь высокой удельной мощности не снят.

Однако DfT приветствовало и более высокую мощность, чем у поездов Voyager, правда, при условии неизменности общей массы. Такие высокие требования к мощности несложно реализовать на электроподвижном составе, но на поездах с дизельной тягой они практически невыполнимы. Например, при увеличении числа цилиндров дизеля возрастает масса не только собственно двигателя, но и оборудования системы его охлаждения, топливного бака и т. д.

Требуемая в обязательном порядке конструкционная скорость



Рис. 1. Дизель-поезд серии 220 Voyager

подвижного состава оставалась равной 200 км/ч, но появлялись пожелания со стороны DfT о желательном ее повышении до 225 км/ч. Здесь, как и в случае с удельной мощностью, недопустимо увеличение массы и стоимости, равно как и усложнение конструкции, что, опять же возможно на электропоездах и весьма затруднительно на дизель-поездах.

Обязательный показатель среднего межремонтного пробега, для дизель-поездов составляющий 96 тыс. км, а для электропоездов 128 тыс. км, DfT предлагало удвоить.

Продолжительность поездки

К числу обязательных характеристик отнесено сокращение длительности поездок в коридорах Восточного и Западного побережий, хотя программа IEP и не предусматривает значительного роста скорости движения поездов. Разумность этого требования вызвала сомнения, поскольку только компания Virgin на магистрали Западного побережья (WCML) настаивала на повышении скорости. Остальные операторы придают доминирующее значение надежности и эксплуатационным показателям. Длительность поездки можно сократить и другими путями, например за счет возможности развивать большее ускорение при разгоне, а также за счет сокращения потерь времени на вход и выход пассажиров на станциях даже при увеличении длины и вместимости вагонов.

Эксплуатационная гибкость

На маршрутах со значительными колебаниями пассажиропотоков для повышения эффективности эксплуатации важное значение имеет возможность быстрого изменения составности поездов за счет их разделения на две части или, соответственно, формирования одного поез-

да из двух половин. В современных электропоездах после формирования и соединения всех поездных цепей требуется значительное время на перезагрузку компьютерных систем управления. Поэтому существенным требованием является сокращение времени на все операции по расцеплению и сцеплению частей поезда максимум до 3 мин, а в идеале до 2 мин. Позднее появилось условие выполнять эти операции без высадки пассажиров, а в случае необходимости и при открытых дверях. Для выполнения этих требований необходима разработка высокотехнологичных сцепных устройств, обеспечивающих не только механическое, но и электрическое соединение систем управления поездом (Train Management System, TMS, и European Rail Traffic Management System, ERTMS) и радиосвязи GSM-R.

Энергетическая эффективность

В требованиях DfT большое внимание уделено охране окружающей среды. При разработке этих требований за основу для поездов на локомотивной тяге приняты показатели электропоездов IC 225 (рис. 3) на локомотивной тяге, эксплуатируемых на магистрали Восточного побережья (ECML), и дизель-поездов IC 125 (рис. 4), состоящих из двух концевых моторных и восьми промежуточных прицепных вагонов, а для моторвагонных поездов на смешанной тяге — показатели электропоездов серии 442 с дизельным моторным вагоном серии 73.

В целях определения энергетической эффективности перевозок обычно используется такой показатель, как удельный расход энергии на 1 место-км. По этому показателю за основу принят расход энергии как графиковыми поездами, образовавшимися в 2006 г. на магистрали ECML (электрическая тяга) и линии Great Western (дизельная), так и перспективными поездами. В соот-

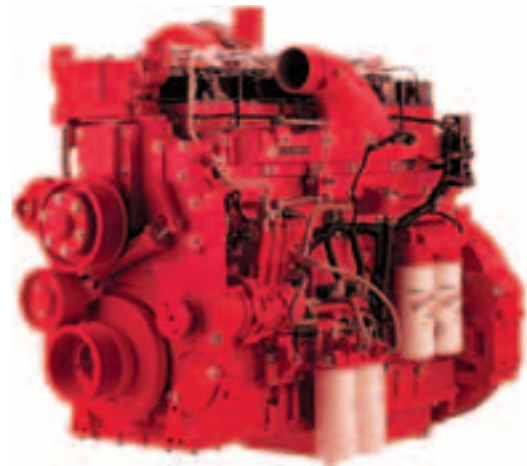


Рис. 2. Дизельный двигатель типа QSK19

ветствии с требованиями программы IEP удельный расход энергии перспективным подвижным составом должен быть снижен для десятивагонных электропоездов минимум на 35% (желательно на 45%), а для десятивагонных дизель-поездов на 20 и 50% соответственно.

Определение числа мест в поезде зависит от компании-оператора. DfT применяет концепцию полезно используемого пространства, подразумевающую длину вагона, на которой можно разместить кресла для пассажиров, туалеты, буфеты, багажные отделения т. д. В табл. 1 сопоставлены по этому показателю выбранный для сравнения эксплуатируемый подвижной состав и перспективные поезда IEP.

Распространяющиеся на эксплуатируемый подвижной состав ограничения по размещению пассажирских мест в головных вагонах для перспективных поездов смягчены за счет дополнительных деформируемых элементов, поглощающих энергию соударения, и использования передней трети площади головных вагонов для размещения багажного отделения и служебных помещений.

При движении поезда со скоростью 200 км/ч потребление энергии на тягу в целом мало зависит от его длины, поскольку в общем сопротивлении движению определяющей



Рис. 3. Поезд типа IC 225

является аэродинамическая составляющая. Поэтому, если у эксплуатируемого и перспективного подвижного состава расход энергии на тягу примерно одинаков, для оценки их энергетической эффективности можно заменить 1 место-км таким показателем, как произведение 1 м полезной используемой длины на 1 км.

Полезно используемая длина эксплуатируемых электропоездов

IC 225 составляет 171 м, перспективных электропоездов — 218 м, так что удельный расход энергии у последних существенно ниже. По ориентировочным подсчетам, энергетическая эффективность по показателю полезно используемой длины у перспективных электропоездов выше на 21,6%, у перспективных дизель-поездов — на 25%. Данные, приведенные в табл. 1, хорошо иллю-



Рис. 4. Поезд типа IC 125

люстрируют целесообразность использования полносоставных поездов для повышения энергетической эффективности перевозок.

Еще один путь сокращения потребления энергии представляет улучшение аэродинамических характеристик, но дизель-поезда IC 125 уже имеют весьма обтекаемую конструкцию, особенно в сравнении с поездами Voyager, отличающимися неоднородностью профиля крыши.

Комбинированная тяга

Британские специалисты изучали возможности создания тяговых средств с комбинированным приводом, использующих дизельный двигатель в качестве основного источника энергии, а в качестве дополнительного — аккумуляторные батареи, накапливающие электроэнергию, генерируемую тяговыми электродвигателями в процессе рекуперативного торможения. Применение этого технического решения ограничено, поскольку для аккумуляции такого количества энергии, которое обеспечило бы тягу поезда, необходима аккумуляторная батарея большой массы, а перспективные поезда должны быть облегченного типа. Кроме того, для аккумуляторов характерны собственные внутренние потери энергии (КПД современных аккумуляторов равен примерно 60%).

Как показывает опыт других областей техники, с точки зрения охраны окружающей среды использование комбинированного привода не дает ощутимого результата. Так, у автомобиля Toyota Prius с бензиновым двигателем, электрическим приводом и комплектом аккумуляторов удельный выброс углекислого газа в окружающую среду составляет 104 г/км, а у автомобиля Volkswagen Polo Blue Motion с дизельным двигателем и традиционным механическим приводом — 102 г/км. В этом плане будут инте-

Таблица 1

Сравнение поездов эксплуатируемых и перспективных

Серия, составность поезда	Длина поезда, м	Суммарная длина вагонов, м	Полезное пространство, вагонов	Полезное пространство, м
Дизель-поезд IC 125: два моторных вагона серии 43 + восемь прицепных вагонов типа Mk 3	220	184	8 × 19	152
Электропоезд IC 225: электровоз серии 91 + девять прицепных вагонов типа Mk 4 + хвостовой вагон с кабиной управления	248	207	9 × 19	171
Перспективный дизель-поезд IEP: два моторных + восемь прицепных вагонов	248	208	8 × 22	176
Перспективный 10-вагонный электропоезд IEP	260	260	8 × 22 + 2 × 21	218
Перспективный поезд IEP с комбинированной тягой (один моторный + 4 прицепных вагона) ¹	124	104	1 × 16 + 2 × 22	82
Перспективный поезд IEP с комбинированной тягой (два моторных + восемь прицепных вагонов) ¹	248	208	2 × 16 + 6 × 22	164

¹Для иллюстрации эффекта отсутствия мест для пассажиров в первой трети головного вагона.

ресны результаты испытаний нового моторного вагона серии 43 с комбинированным тяговым приводом, созданного совместно компаниями Hitachi, Brush и Portrebrook и предназначенного для поездов IC 125.

В то же время перспективные электропоезда будут возвращать в контактную сеть за счет рекуперативного торможения не менее 15% электроэнергии, затраченной на тягу. С учетом длины перспективных электропоездов удельная экономия энергии оказывается существенной. Еще 10% удельной экономии энергии могут быть получены усилиями специалистов за счет снижения массы вагонов, улучшения их аэродинамических характеристик и увеличения пассажироместимости.

Ходовые характеристики

Примерно 20 лет назад при планировании заказа на вагоны типа Mk 4 (рис. 5) для поездов сообщений InterCity было принято решение о введении объективных параметров для оценки ходовых характеристик вагонов. Ранее плавность хода оценивали достаточно субъективно, используя ходовой индекс по пятибалльной шкале. Например, вагоны типа Mk 3 для опытного дизель-поезда HST при скорости 210 км/ч имели ходовой индекс

3,2, т. е. достаточно близкий к максимальному для пассажирских вагонов. Для вагонов типа Mk 4 подготовили технические требования к ходовым характеристикам и для проверки соответствия реальных ходовых свойств оговоренным в контракте с помощью акселерометров измеряли ускорения в салоне вагона при движении со скоростью 225 км/ч (конструкционная скорость вагонов этой серии) на специально подготовленном участке магистрали Восточного побережья. В этих технических требованиях были подробно указаны допустимый спектр вибраций и случаи исключений.

Для перспективного подвижного состава минимальные требования к ходовым качествам строже аналогичных, допустимых при эксплуатации вагонов типа Mk 3 и Mk 4: в целях повышения комфорта для пассажиров признано необходимым на 20% (а желательным и на 40%) снизить уровни амплитуды и частоты вибрации. Изменяется и методика испытаний. Замеры параметров вибраций будут осуществляться в течение 12 мес в пяти вагонах опытных электро- и дизель-поездов на одном и том же участке пути при движении с одной и той же скоростью. Одновременно по этой же методике будет испытываться серий-

ный подвижной состав, что позволит провести сопоставление показателей.

Уровень шума

В соответствии с требованиями программы IEP уровень шума в пассажирских салонах необходимо снизить на 5 дБ, а желательно и на 10 дБ. Уровень шума будет определяться одновременно с измерением параметров плавности хода. При этом для получения точных результатов необходимо учитывать и погодные условия (например, дождь). В Британском железнодорожном исследовательском центре в Дерби (BRR) выполнен достаточно большой объем исследований плавности хода подвижного состава различных типов и излучаемого им шума. В результате были установлены приемлемые уровни шума при движении поездов снаружи и внутри пассажирских салонов. Дальнейшее снижение уровня шума может оказаться экономически неоправданным.

Аналогичная ситуация в свое время имела место в гражданской авиации, когда специфические требования государственных компаний воздушного транспорта ВЕА и ВОАС к уровню излучаемого шума способствовали кризису национального авиастроения.

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОЕЗДА



Рис. 5. Интерьер вагона типа Mk 4 первого класса



Рис. 6. Электропоезд серии 390 Pendolino

Электрическая или дизельная тяга

По мнению некоторых специалистов, современная дизельная и электрическая тяга имеет примерно одинаковые технические и эксплуатационные показатели без заметных преимуществ.

В соответствии с концепцией IEP для снижения осевых нагрузок тяговое оборудование должно быть равномерно распределено по длине поезда. Это означает, что преобразователи, получающие электроэнергию от дизель-генератор-

ных установок (в дизель-поездах) или от трансформаторов (в электропоездах) и питающие ее тяговые двигатели, будут располагаться под вагонами с обмоточными тележками. Если считать весовые показатели преобразователей и тяговых электродвигателей величиной постоянной, то максимальную мощность, которую возможно реализовать на том или ином тяговом средстве, будет определять масса тягового трансформатора или дизель-генераторной установки.

В табл. 2 дано сравнение по удельной мощности разных ком-

плектов силового оборудования для электрической и дизельной тяги.

Введенные данные свидетельствуют лишь об определенных весовых показателях силового электрического оборудования. Но при этом трансформатор электровоза серии 91 имеет не менее пяти вторичных обмоток, одна из которых предназначена для питания системы принудительного наклона кузовов вагонов поезда при прохождении кривых. Технические требования к магистральным локомотивам, оснащаемым такими трансформаторами, предполагают также воз-

Таблица 2

Сравнение оборудования дизельной и электрической тяги по удельной мощности

Оборудование	Масса, т	Мощность, кВт	Удельная мощность, кВт/т
Трансформатор электровоза серии 91	8,01	4700	587
Трансформатор вагона серии 390	4,6	3000	652
Дизель VP185 (18 цилиндров)	10,58	3100	293
Дизель Cummins QSK 60	7,64	2000	262
Дизель MTU 4000 (20 цилиндров)	9,45	2700	286
Дизель MTU 4000 (16 цилиндров)	7,41	2000	270
Модернизированная система охлаждения дизель-поезда IC 125	2,67		
Генератор переменного тока	6,14		
Полный комплект силовой установки MTU V16	16,22	2000	123
Дизель Cummins QSK 19	2,2	580	264
Компактная силовая установка дизель-поезда семейства 22х, включая вспомогательное оборудование	5,2	560	108
Дизель Napier Deltic D18-25B, тип 55	5,57	1231	221
Дизель Napier Deltic D18-27B, тип Super Deltic	5,74	1641	286

Таблица 3

Масса системы охлаждения дизель-поезда IC 125, т

Компания-изготовитель	В «сухом» состоянии	В снаряженном состоянии	Масса охлаждающей жидкости
Brush	2,674	3,643	0,969
Voith	2,77	3,33	0,56

дение тяжелых грузовых поездов в гористой местности, и, следовательно, в их параметры заложены значительные перегрузки, что также увеличивает массу.

Трансформатор моторного вагона электропоезда серии 390 Pendolino (рис. 6) также имеет ряд специфических особенностей. Для обеспечения требуемых параметров на выходе вторичная обмотка имеет повышенное реактивное сопротивление, что требует увеличения массы сердечника в сравнении с трансформаторами, рассчитанными исходя из условия повышения энергетической эффективности.

Все весовые показатели дизельных двигателей приведены для их «сухого» состояния, т. е. без учета массы смазочного масла и охлаждающей жидкости, хотя последняя существенно увеличивает реальную массу дизелей в условиях реальной эксплуатации.

В табл. 3 сопоставлены весовые показатели систем охлаждения, включающих радиаторы, вентиляторы и электроприводы, двух ведущих компаний-изготовителей — Brush и Voith.

Оборудование охлаждения компании Brush, которое используется в моторных вагонах дизель-поездов IC 125, эксплуатируемых компанией-оператором Great North Eastern Railway (GNER), проще, чем оборудование компании Voith для дизель-поездов серии 180, эксплуатируемых компанией-оператором First Great Western (FGW). Однако масса охлаждающей жидкости в первом примерно вдвое больше, чем во втором. Brush предусмотрела большой объем охлаждающей жидкости с целью исключения перегрева дизелей при эксплуатации в жаркое время, а также при аварийном отключении или снижении развиваемой мощности.

Удельная мощность 16-цилиндрового дизельного двигателя типа MTU 4000 (без учета массы заправочных жидкостей), который,

возможно, будет использоваться для тяги поездов IEP, составляет примерно 40% аналогичного показателя силового трансформатора, имеющего почти вдвое большую выходную мощность. Но если добавить к массе собственно дизеля массу оборудования системы охлаждения и тягового генератора переменного тока, удельная мощность комплектной дизель-генераторной силовой установки снизится до 20% мощности трансформатора. Аналогичные показатели имеет дизель типа Cummins QSK19 и комплектная силовая установка для дизель-поездов семейства 22х с электрической передачей. У компактных силовых установок с дизелями малой мощности удельная мощность (108 кВт/т) ниже, чем у высокомошных (MTU), за счет большой массы вспомогательного оборудования. Места установки дизельных двигателей и вспомогательного оборудования на рамах тягового подвижного состава требуют соответствующего оснащения, что также ведет к увеличению сопутствующей силовым установкам массы.

Приведенные данные по массе вспомогательного оборудования относятся к силовым установкам моторных вагонов серии 43 поездов IC 125, а у перспективных

масса может быть выше, поскольку мощность дизеля будет увеличена с 1680 до 2000 кВт, что приведет к увеличению тепловыделения и, соответственно, массы охлаждающего оборудования. Следует также отметить, что КПД дизель-генераторной установки массой 4,68 т таков, что на выходе генератора реализуется лишь 40% потенциальной энергии дизельного топлива.

Таким образом, эффективность дизельной тяги в сравнении с электрической вызывает сомнения. При этом у электропоездов весь комплект оборудования, заменяющего дизель-генераторную установку, состоит из трансформатора, вакуумного выключателя и токоприемника общей массой 5 т для мощности 3000 кВт. У электропоездов отсутствуют сложные элементы с возвратно-поступательным движением, нет необходимости в различных жидкостях, предварительном прогреве оборудования перед пуском, в оснащении депо оборудованием для заправки топливом и маслом. У электроподвижного состава с высоким КПД существенно ниже расходы на техническое обслуживание, отсутствуют также вредные выбросы в окружающую среду.

В соответствии с требованиями программы IEP и директивы

Масса комплекта силового оборудования дизель-поезда IEP мощностью 2000 кВт	
Дизельный двигатель MTU 4000 (16 цилиндров)	7,41
Модернизированная система охлаждения дизель-поезда IC 125	3,33
Тяговый генератор переменного тока	6,14
Дизель-генераторная установка MTU V16 в комплекте	16,88
Запас топлива (5500 л)	4,68
Для сравнения: силовой трансформатор (3000 кВт), токоприемник и вакуумный прерыватель электропоезда	5

Таблица 4

Задания по массе для 10-вагонных поездов IEP

Тип поезда	Масса, т	
	предписанная	желательная
Электропоезд	356	326
Дизель-поезд	392	268
На комбинированной тяге	374	347
Резерв на моторный вагон дизель-поезда	18	21
Резерв для комбинированной тяги	18	21

2004/26/ЕС по вредным выбросам в окружающую среду перспективный подвижной состав должен соответствовать классу ШВ. Данные требования распространяются на двигатели, неиспользуемые на автомобильном транспорте, включая дизели для тепловозов и дизель-поездов, и вводятся в действие в странах ЕС поэтапно. В части тепловозных дизелей они вступят в силу в конце декабря 2011 г.

В соответствии с этим двигатели для железнодорожного тягового подвижного состава разделены на три группы в зависимости от развиваемой мощности: до 560 кВт (750 л. с.); от 560 до 2000 кВт (2700 л. с.) и более 2000 кВт (2700 л. с.). Для двигателей с высокой мощностью требования по выбросам углекислого газа и окиси азота несколько смягчены.

Дизели типа Deltic частично отвечают требованиям класса ШВ, но требуют некоторых усовершенствований. Изготовители дизелей большой мощности провели соответствующие исследования и определили модели двигателей, намеченных к модернизации. Однако сведения о результатах этих разработок не обнародовались.

В табл. 4 приведены сведения о массогабаритных показателях подвижного состава, соответствующего программе IEP.

Из приведенных данных следует, что масса моторного вагона дизель-поезда примерно на 20 т больше, чем вагона электропоезда с трансформатором. Максимально допустимая масса прицепных пассажирских вагонов дизель-поездов IEP будет зависеть от того, насколько удастся

минимизировать массу моторного вагона при мощности 2000 кВт. Моторный вагон серии 43 дизель-поезда IC 125 имеет массу около 70 т. По самым оптимистичным прогнозам, даже в случае размещения тяговых электродвигателей на прицепных пассажирских вагонах возможно снижение массы нового моторного вагона относительно предшествующих моделей на 10%. Допустимая масса двух моторных вагонов поезда IEP составляет 126 т. Следовательно, масса восьми прицепных вагонов длиной 26 м не должна превышать 268 т, а одного вагона — 33,25 т. Для сравнения — прицепной пассажирский вагон типа Mk 3 с местами второго класса длиной 23 м имеет массу 33,6 т при отсутствии оборудования автоматического открывания дверей и туалетов накопительного типа.

Табл. 5 иллюстрирует некоторые показатели эксплуатируемых в Великобритании прицепных пассажирских вагонов разных типов для высокоскоростных поездов, а также перспективного вагона.

Как следует из приведенных данных, вагоны электропоездов серии 390 Pendolino на 12 т тяжелее вагонов типа Mk 3. При этом тележки с оборудованием принудитель-

Таблица 5

Сравнение показателей вагонов некоторых типов и серий

Показатель	Тип, серия вагона				
	Mk3	Электропоезд серии 390 (с механизмом наклона кузова в кривых)	Электропоезд серии 390 (без механизма наклона)	Удлиненный серии 390 – 26	Поезд IEP
Длина вагона, м	23	23	23	26	26
Полезная длина, м	19	19	19	22	22
Число мест	82	76	82	94	94
Масса, т ¹	33,6	45,5	37,5	39	30,75
Число мест на 1 м полезной длины	4,32	4,00	4,32	4,27	4,27
Число пар кресел	41	38	41	47	47
Полезная длина на один ряд кресел	0,93	1,00	0,93	0,93	0,93
Масса на одно место	0,41	0,60	0,46	0,41	0,33
Масса на 1 м длины вагона	1,46	1,98	1,63	1,59	1,18

¹Средняя величина для моторных и прицепных вагонов

Таблица 6

Составность и весовые показатели поездов IEP

Дизель-поезд (10 вагонов)			Электропоезд (10 вагонов)		
Тип вагона	Масса вагона, т	Масса в поезде, т	Тип вагона	Масса вагона, т	Масса в поезде, т
Моторный с кабиной управления (два)	63	126	Моторный с кабиной управления (два) ¹	43,5	87
Прицепной (четыре)	30,75	123	Прицепной (четыре)	30,75	123
С обмоторенными колесными парами (четыре)	35,75	143	С обмоторенными колесными парами (четыре)	35,75	143
Общая масса поезда, т		392	Общая масса поезда, т		353

¹Аналогичны хвостовому вагону типа Mk 4 с кабиной управления.

ного наклона кузова у первых имеют массу около 8 т, а у вторых (без такового) — 6 т. Кроме того, вагоны типа Pendolino оснащены устройствами привода дверей и туалетами накопительного типа. Сравнимые вагоны различаются и по длине: Mk 3 имеет длину 23,0 м по буферам, а у Pendolino это длина собственно кузова. По отношению числа мест к полезной длине лидируют вагоны Mk3 поездов компании-оператора First Great Western.

В реальных условиях в пределах полезной длины салона вагона размещаются не только пассажирские кресла, но и туалеты, багажные отсеки, и приведенные в табл. 5 величины расстояния между рядами кресел (0,93 м) это обстоятельство учитывают.

Видно, что эффективность использования полезной длины в вагонах серии 390 несколько ниже, чем в вагонах типа Mk 3, не в последнюю очередь из-за тележек с системой принудительного наклона кузова. Вагоны 390 NT без принудительного наклона на тележках типа B5000 без дополнительного оборудования имеют то же число мест, что и вагоны Mk 3.

Проработка возможности создания вагона типа Pendolino длиной 26 м (серии 390 – 26) показала, что его общая масса увеличится до 39–40 т, а удельная масса на одно место будет примерно равна аналогичному показателю вагонов Mk 3 с более «спартанским» оснащением.

Последняя графа табл. 5 относится к вагону перспективного поезда IEP. Экстраполяция показателей дизель-поезда IEP дает среднюю массу пассажирского вагона, равную 33,25 т, что примерно соответствует массе вагона типа Mk 3. Но это именно средняя масса, поскольку принцип распределенной тяги подразумевает установку тяговых двигателей на половине вагонов поезда.

Моторный вагон электропоезда типа Pendolino тяжелее на 6,5 т, чем прицепной. Преобразователь и четыре тяговых электродвигателя для перспективного электропоезда будут весить примерно 5 т. Таким образом, средняя масса моторного вагона электропоезда IEP составит 35,75 т, а прицепного — 30,75 т.

Таким образом, масса перспективного 10-вагонного электропоезда (табл. 6) оказывается на 3 т ниже, чем максимально допустимая требованиями программы IEP. При этом в соответствии с действующим в настоящее время ограничением осевой нагрузки масса моторного вагона поезда IEP принята равной аналогичному показателю головного вагона с кабиной управления поезда IC 225.

Уменьшение массы

Чтобы перспективный вагон длиной 26 м типа Pendolino соответствовал по массе минимальным требованиям программы IEP, необходимо уменьшить ее на 8–9 т. При

этом, однако, кузов вагона серии 390 представляет достаточно совершенную конструкцию из алюминиевого сплава и имеет массу всего 7,5 т по сравнению со стальным кузовом вагона типа Mk 3, весящим 8,3 т.

Дополнительные возможности для снижения массы вагонов могло бы дать использование облегченной тележки, разработанной японской компанией Hitachi для скоростных электропоездов серии 395 Olympic Javelin, эксплуатируемых на линии HS 1. Этот поезд, предназначенный для обслуживания местных сообщений, только на 2 т тяжелее, чем японский аналог. Но этот путь нерационален.

Для удовлетворения требований Railway Group Standards по нагрузкам Hitachi приняла решение проектировать новую тележку, а не модифицировать конструкцию, применяемую в Японии, что способствовало увеличению массы. В результате тележка для электропоездов серии 395 (конструкционная скорость 225 км/ч) весит 6,77 т по сравнению с 6 т тележки серии B5000 (конструкционная скорость 200 км/ч). При этом поезда Olympic Javelin имеют приемлемые показатели устойчивости в кривых большого радиуса на HS 1 и в кривых малого радиуса на линиях юго-востока Англии. Вместе с тем тележки перспективных электропоездов будут эксплуатироваться на магистралях Западного и Восточного побережий с улучшенным после ре-

конструкции состоянием пути, что гарантирует меньшие силы взаимодействия. В то же время перспективные тележки должны обеспечивать приемлемые характеристики и на участках с обычным состоянием пути.

Определенные возможности снижения массы вагонов может дать использование опыта реализации программы снижения массы самолетов гражданской авиации (Weight Improvement Programmes, WIP). Например, массу каждого пассажирского кресла можно уменьшить на 10 кг, что даст общую экономию около 1 т на вагон. Аналогичным образом возможно снижение массы многих других компонентов.

С другой стороны, в соответствии с требованиями функциональных спецификаций (Functional Specification) в вагонах перспективных поездов IEP должны присутствовать туалеты из расчета один санитарный узел на 60 пассажирских мест. При том, что в каждом вагоне второго класса имеется 94 места, это требование добавляет один туалет на два вагона.

Тормозная система

В 2007 г. железнодорожное отделение Общества инженеров-механиков (Institution of Mechanical Engineers, IME) рассмотрело возможность снижения массы пневматического тормозного оборудования за счет уменьшения реализуемых тормозных усилий при рекуперативном торможении всеми обмоторенными колесными парами электроподвижного состава. Используемые в настоящее время пневматические тормоза обеспечивают эффективное служебное и экстренное торможение при отключенном рекуперативном тормозе. При этом реализуемые пневматической системой тормозные усилия требуют использования больших и тяжелых тормозных дисков и накладок. Массивные вращаю-

щиеся диски являются дополнительным источником кинетической энергии, которую необходимо гасить и рассеивать в процессе торможения. В реальной эксплуатации оборудование рекуперативного торможения принимает на себя значительную часть тормозных нагрузок, возвращая при этом в питающую сеть 15–17% энергии, расходуемой на тягу поезда. Пневматический фрикционный тормоз необходим лишь при низкой скорости движения и для полной остановки состава.

Однако, как показывает опыт эксплуатации электропоездов, возможности использования рекуперативного торможения в зимних условиях резко сокращаются из-за образования льда на контактном проводе и необходимости защищать его и токоприемники от повреждений. В таких ситуациях период полного износа тормозных колодок пневматического тормоза иногда сокращается до 18 сут против 18 мес в обычных условиях.

Тем не менее некоторые специалисты полагают, что в реальной эксплуатации достаточно оснащать вагоны пневматическим дисковым тормозом, обеспечивающим, помимо служебного, лишь два экстренных торможения с максимальной скоростью. В случаях, когда два экстренных торможения будут реализованы исключительно за счет пневматического тормоза за короткий промежуток времени (что маловероятно), вагоны предлагается доводить до ближайшей станции на малой скорости и выводить из эксплуатации для замены накладок и дисков. Ограничение функций пневматического дискового тормоза позволит существенно уменьшить массу дисков, тормозных накладок и прочего тормозного оборудования.

К тому же в эксплуатации уже находятся электровагоны серии 91, оснащенные пневматической тормозной системой с созданием тор-

мозного усилия за счет прижатия тормозных колодок к поверхности катания колес, рассчитанной на два экстренных торможения.

Кроме того, современные поезда оснащаются дополнительно системами электродинамического или реостатного торможения, которые используются в тех случаях, когда возврат вырабатываемой тяговыми двигателями электроэнергии в контактную сеть невозможен и она преобразуется в тепловую и рассеивается на специальных резисторах, что существенно снижает эффективность использования энергии. Отказ от использования реостатного торможения позволит снизить массу каждой тяговой единицы на 500 кг.

В программе IEP имеется раздел, связанный с аварийными ситуациями. В нем, в частности, предусмотрена возможность движения поездов с ограниченной скоростью (50 км/ч) на горизонтальных участках пути в течение 1 ч в случае потери по какой-либо причине основного источника энергии. Расчетная мощность, требуемая для тяги поезда массой 350 т с такой скоростью, составляет 150 кВт (200 л. с.). В моторных вагонах дизель-поездов возможно размещение вспомогательного дизель-генератора требуемой мощности, но это увеличит массу вагонов. Если же использовать для аварийной тяги никелевые аккумуляторные батареи, масса вагона увеличится примерно на 3 т, поскольку удельная мощность таких аккумуляторов составляет 50 Вт/кг.

Темпы реализации программы

Как и в случае контракта на постройку электровагонов серии 91, предусмотрено предсерийное изготовление 10 секций половинной составности для формирования пяти поездов IEP полной длины и последующих испытаний в условиях регулярной эксплуатации с демонстрацией возможностей разделения

поездов на части для следования по разным маршрутам и обратного их соединения в один поезд. Предложено подготовить три электросекции и семь секций со смешанной (дизельной и электрической) тягой длиной в половину номинального состава. Это позволит сформировать один электропоезд полной длины, один комбинированный (половина из вагонов электропоезда, половина из вагонов смешанной тяги) и два поезда со смешанной тягой для опытной эксплуатации с различными вариантами комплектации, отработки процедуры сцепления и расцепления вагонов и электрических цепей и т. д.

В соответствии с программой IEP опытный подвижной состав должен поступить на магистрали ECML и WCML для всесторонних испытаний в 2012 г. Предполагаемые маршруты проведения опытных поездок выбраны таким образом, чтобы обеспечить все возможные в реальных ситуациях условия как для электропоездов и дизель-поездов, так и для поездов со смешанной тягой. Особое внимание предполагается уделить испытаниям дизель-поездов. Программа эксплуатационных испытаний этого подвижного состава предусматривает суммарный пробег всех опытных секций не менее 3,2 млн. км в течение двух летних и одного зимнего сезонов.

Серийный подвижной состав, изготовленный с учетом опытной эксплуатации прототипов, начнет поступать в коммерческую эксплуатацию в конце 2014 г. сначала на линию Great Western, а затем на магистраль ECML. Всего для этих линий предполагается закупить около 1000 вагонов разных типов. В дальнейшем вероятно расширение полигона использования нового подвижного состава за счет магистрали WCML и в сообщениях Midland Main Line (MML), New

Cross Country (NCC), East Anglian Main Line (EAML) и Trans-Pennine Express (TPE).

В будущем по мере ввода в эксплуатацию нового подвижного состава и с вступлением в силу в 2020 г. Инструкции о доступности подвижного состава для лиц с ограниченными физическими возможностями из эксплуатации будут выводиться устаревшие, тяжелые, маломощные и дизель-поезда с электрической передачей серии семейства 22х, которые к тому времени прослужат уже более 20 лет. Одновременно возможен досрочный вывод из эксплуатации поездов серии 390 Pendolino в том случае, если не будет решен рассматриваемый в настоящее время вопрос удлинения этих поездов на два вагона.

Одним из важнейших в программе IEP является раздел совершенствования инфраструктуры. В дополнение к снижению весовых показателей подвижного состава предусматривается увеличить габарит на предложенных маршрутах обращения перспективных поездов, с тем чтобы обеспечить пропуск поездов, состоящих из вагонов длиной 26 м и несколько большей, чем вагоны типа Mk 3, ширины. При разработке требований к параметрам инфраструктуры DfT приняло за основу Общеευропейские технические требования к эксплуатационной совместимости (European Technical Specification for Interoperability, ETS). Однако на окончательные требования, вероятно, повлияет ряд эксплуатационных и функциональных факторов, характерных для сети Network Rail. К ним относятся факторы влияния на взаимодействие пути и подвижного состава, стоимость усиления верхнего строения пути и масштаб предстоящих работ. Все эти вопросы подлежали согласованию с Network Rail до объявления конкурса на поставку подвижного состава, с тем что-

бы иметь гарантии улучшения взаимодействия пути и подвижного состава в перспективе. Расходы на модернизацию инфраструктуры будут финансироваться за счет бюджета программы IEP.

Снижение износа пути при взаимодействии с облегченным подвижным составом является весьма важным эксплуатационным показателем, поскольку существенно влияет на общие расходы по содержанию пути в течение всего эксплуатационного цикла. Улучшение параметров путевой структуры — необходимое условие для начала испытаний и опытной эксплуатации нового подвижного состава. Однако в соответствии с программой IEP основные требования к состоянию пути на момент ввода в эксплуатацию новых поездов будут еще необязательными, их выполнение станет обязательным через 3 года после начала коммерческой эксплуатации. Так, на линии GWML предполагается выполнять работы по усилению пути одновременно с вводом в эксплуатацию нового подвижного состава.

Контактная сеть на магистрали ECML не требует существенной модернизации для эксплуатации новых электропоездов. Возможно, потребуются проведение работ по некоторому упрочнению элементов контактной сети как части общих мероприятий по повышению мощности системы электроснабжения.

В связи с тем что перспективные поезда будут иметь большую длину, чем эксплуатируемые в настоящее время, в некоторых случаях будут удлиняться станционные пассажирские платформы, а в других планируется использовать устройства избирательного открытия дверей (Selective Door Opening).

R. Ford. Modern Railways, 2007, № 704, p. 22–30.