

УДК 629.4.014.23

Канд. техн. наук **О. Н. НАЗАРОВ**

Оптимальные решения для ВСМ-2 Москва — Екатеринбург: выбор основных параметров высокоскоростного электропоезда

Аннотация. Представлен краткий обзор развития скоростного железнодорожного движения в России и подвижного состава в 1974 – 2014 гг. Изложены основные результаты эксплуатации высокоскоростных электропоездов «Сапсан» и Allegro, курсирующих между Москвой, Санкт-Петербургом, Нижним Новгородом и Хельсинки.

Приведены общие сведения о проекте создания железнодорожной сети высокоскоростных магистралей (ВСМ) в России и основные характеристики инфраструктуры линии ВСМ-2 Москва — Екатеринбург.

Представлены результаты исследований по выбору и обоснованию основных параметров высокоскоростного электропоезда с максимальной скоростью до 400 км/ч. Описаны результаты разработки технических требований к электропоезду для ВСМ, утвержденных ОАО «РЖД» 8 июня 2015 г.

Моделирование тяговых характеристик и основных параметров высокоскоростного электропоезда базируется на оригинальной методике, в соответствии с которой целевые значения ключевых параметров определяются на основе анализа существующих моделей российских и зарубежных электропоездов с учетом специфических требований, предъявляемых к ВСМ-2.

Предложено на первом этапе проектирования линии принять представленные в статье параметры и характеристики высокоскоростного электропоезда в качестве расчетных данных.

Основные положения статьи были впервые представлены на 9-м Всемирном конгрессе Международного союза железных дорог (МСЖД) по высокоскоростным железнодорожным перевозкам в июле 2015 г. в Токио.

Ключевые слова: высокоскоростная магистраль (ВСМ); высокоскоростной электропоезд; тяговые характеристики; тяга; технические требования; вагон; сопротивление движению

Развитие скоростного и высокоскоростного движения в России. В 1967 г. правительством СССР было принято решение о начале работ по развитию скоростного движения и созданию скоростного электропоезда. Вагоны проектировались в Риге (Латвия), в работе участвовали 50 ведущих научных и проектных институтов страны, в том числе и ВНИИЖТ. Был проведен комплекс исследований, испытаний и разработок, на основе которых в 1974 г. на Рижском вагоностроительном заводе был изготовлен опытный электропоезд ЭР200 с конструкционной скоростью 200 км/ч [1].

Впервые в отечественном электровагоностроении получили воплощение революционные для того времени конструкции и технические решения. Несколько лет проводились испытания и доработки, прежде чем электропоезд ЭР200 был признан надежным и

безопасным; запуск электропоезда в эксплуатацию на модернизированной линии Москва — Ленинград состоялся в 1984 г. [2]. С этого момента эксплуатационная скорость 200 км/ч перестала быть мечтой. Расстояние 649 км электропоезд ЭР200 проходил за 4 ч 30 мин. В течение 25 лет эксплуатации в достаточно сложных климатических условиях решались возникающие проблемы, проводились исследования по повышению скоростей движения, прорабатывались различные варианты строительства выделенных линий ВСМ, велись разработки нового подвижного состава [3].

В 2005 – 2010 гг. проводился комплекс работ по модернизации линий скоростного движения, созданию и испытаниям высокоскоростных электропоездов. С 2009 г. в ежедневную эксплуатацию на направлении Санкт-Петербург — Москва — Нижний Новгород запущены высокоскоростные электропоезда серии ЭВС1 и ЭВС2 «Сапсан» с максимальной скоростью движения 250 км/ч, а с 2010 г. — электропоезда серии Sm6 Allegro в международном сообщении между Санкт-Петербургом и Хельсинки, развивающие скорость до 220 км/ч.

Высокоскоростные электропоезда «Сапсан» и Allegro. Участие в этих проектах российских научных организаций, в том числе и ВНИИЖТа, позволило вести скоординированную работу по подготовке и проведению испытаний, а также по разработке нормативных документов [4]. Российскими учеными было доказано, что предлагавшееся на первом этапе нашими немецкими коллегами копирование европейских стандартов методом обложки невозможно как из соображений технической совместимости зарубежных разработок с железнодорожной системой колеи 1520 мм, так и из существующего законодательного окружения. Для адаптации современных европейских нормативов к российским условиям и особенностям эксплуатации проведен большой объем исследовательской и испытательной работы. В результате создана система стандартов с техническими требованиями и методами испытаний.

В основе конструкторских решений проекта «Сапсан» была принята концепция электропоездов Velaro компании Siemens, однако ее пришлось существенно доработать для обеспечения соответствия российским требованиям [5]. Изменения коснулись как базовых

Таблица 1

Технические характеристики электропоездов
ЭВС1, ЭВС2 «Сапсан» и Sm6 Allegro

Параметр	ЭВС1, ЭВС2	Sm6
Конструкционная скорость, км/ч	250 (300)	220
Ширина колеи, мм	1520	1520/1524
Род тока, напряжение, частота	=3 кВ, ~25 кВ, 50 Гц	=3 кВ, ~25 кВ, 50 Гц
Составность поезда	2ГМ + 2М + 6П	2ГМ + 2М + 3П
Длина поезда, м	250	184,8
Число мест для пассажиров	502	354
Тяговая мощность на ободе колеса, кВт	8000	5550
Длительная мощность тяговых двигателей, кВт	509	708
Масса тары поезда, т	600	425,5
Максимальная нагрузка на ось, кН	16,95	17,1
Габарит	T	1-T
Ширина кузова, мм	3265	3200
Удельная масса тары (на длину), т/м	2,4	2,3
Удельная масса тары (на пассажира), т/пасс.	1,195	1,2
Удельная пассажироместимость, пасс./м	2,01	1,92
Удельная тяговая мощность на ободе колеса, кВт/т брутто	12,3	12,04

конструкций вагонов, так и комплектующих систем и узлов, фактически была выполнена новая разработка с уникальными параметрами и характеристиками (табл. 1), что подтверждено десятками совместных международных патентов [6]. Аналогичная работа была проведена российскими и финскими специалистами совместно с компанией Alstom при создании электропоезда Sm6 Allegro.

Эффективность эксплуатации высокоскоростных электропоездов «Сапсан» и Allegro определяется комплексом экономических, эксплуатационных и социальных эффектов, связанных с существенным сокращением продолжительности поездки. К концу 2014 г., т. е. за 5 лет, электропоездами «Сапсан» перевезено в общей сложности более 15 млн пассажиров, это примерно 25% всех пассажиров, перемещающихся между Санкт-Петербургом и Москвой.

Число высокоскоростных ниток в графике на этом направлении постоянно увеличивалось начиная с 3 пар поездов в сутки в 2009 г. В 2016 г. после введения в эксплуатацию всех 16 электропоездов движение на этом направлении планируется осуществлять в тактовом режиме с часовым интервалом.

Расстояние между Москвой и Санкт-Петербургом электропоезда преодолевают за 3 ч 40 мин при движении без остановок с максимальной скоростью 250 км/ч, маршрутная скорость составляет 168 км/ч. Точность выполнения графика — 98%, среднее заполнение поездов пассажирами — более 90%.

Проект создания высокоскоростной сети железных дорог. Коммерческий успех высокоскоростных перевозок позволил существенно откорректировать государственную стратегию, поставлена задача создания национальной транспортной системы высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ) со скоростями движения до 400 км/ч, которая включает три основных высокоскоростных направления: Москва — Санкт-Петербург (ВСМ-1) длиной 659 км, Москва — Екатеринбург (ВСМ-2) длиной 1476 км и Москва — Адлер (ВСМ-3) длиной 1540 км, а также разветвленную сеть примыкающих скоростных линий.

Первым пилотным участком определена железнодорожная линия Москва — Казань — Екатеринбург (ВСМ-2) [7]. Планируется, что участок Москва — Владимир будет первым пусковым объектом, который станет использоваться в качестве испытательного полигона. Требования к техническим характеристикам ВСМ-2 определены специальными техническими условиями (СТУ) для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Казань — Екатеринбург [8]. Основные параметры инфраструктуры ВСМ-2 представлены в табл. 2.

Для того чтобы при решении новых задач использовался и развивался положительный опыт проектов

«Сапсан» и Allegro, а также учитывались ошибки и недостатки предыдущих проектов, специалистами ОАО «ВНИИЖТ» была разработана стратегия проведения научно-исследовательских работ. Программа исследований учитывает эксплуатационные, маркетинговые, технические, нормативные аспекты, а также позволяет в сжатые сроки создать заделы для проведения полноценных полигонных испытаний и запуска высокоскоростной линии в эксплуатацию [9].

Зарубежный опыт создания электропоездов. Для создания концепции высокоскоростного электропоезда для ВСМ и определения его основных технических характеристик необходимо рассмотреть электропоезда — ближайшие аналоги, разработанные в последнее время и имеющие конструкционную скорость, близкую к 360 — 400 км/ч. Разработки высокоскоростных электропоездов ведутся в Германии, Франции, Италии, Республике Корея, Испании, Японии и Китае. В

Таблица 2

Основные параметры инфраструктуры ВСМ-2

Параметры	Значение
Длина участков линии, км: Москва — Казань Казань — Екатеринбург	770 706
Максимальная эксплуатационная скорость на открытых участках пути, км/ч	360
Максимальная скорость на испытательном участке, км/ч	400
Минимальный межпоездной интервал, мин	10
Габарит приближения строений: на открытых участках пути в тоннелях	С400 С400Т
Расчетное значение непогашенного ускорения, м/с ² , при скорости движения: до 250 км/ч включительно свыше 250 до 300 км/ч свыше 300 до 350 км/ч свыше 350 до 400 км/ч	0,4 0,5 0,6 0,7
Максимальный уклон продольного профиля, ‰	24
Род тока и напряжение в тяговой сети: на магистральных участках в пригородных зонах и на примыкающих скоростных линиях	~25 кВ, 50 Гц ~25 кВ, 50 Гц или =3 кВ
Номинальная высота контактного провода, мм	5900
Высота пассажирских платформ, мм	1100

табл. 3 приведены основные технические параметры типовых образцов электропоездов модельных рядов, разрабатываемых ведущими компаниями. Параметры этих поездов подтверждены испытаниями.

Все представленные в табл. 3 электропоезда имеют моторвагонную компоновку оборудования. Особо

можно отметить электропоезда AVRIL компании Talgo и AGV компании Alstom, компоновка которых существенно отличается от классической.

Концепция AVRIL — это высокоскоростной электропоезд облегченного типа с независимо подвешенными колесами и двумя головными моторными вагонами, в которых размещено тяговое и вспомогательное электрооборудование. Между головными моторными вагонами расположен состав из укороченных промежуточных сочлененных вагонов с шириной кузова 3200 мм, первая и последняя оси состава — обмоторены, общее число обмоторенных осей в поезде — 10. Электропоезд AVRIL характеризуется низким уровнем пола салонов (755 мм над уровнем головки рельса) и схемой расстановки кресел 3 + 2.

Основное отличие концепции AGV от «стандартного» электропоезда — применение сочлененных моторных и немоторных вагонов.

Китайский проект электропоезда CRH380D характеризуется широким использованием в несущих конструкциях вагонов композиционных материалов. Применение кузовов шириной 3400 мм позволило комфортно разместить повышенное число пассажиров, кресла в салонах установлены по схеме 3 + 2.

Аэродинамическая обтекаемая форма головных вагонов и межвагонных переходов с обтекателями во всех проектах подтверждает возможность существенно снизить сопротивление движению на высоких скоростях движения и, соответственно, требования к тяговой мощности.

Обоснование основных параметров электропоезда для ВСМ. Заданные расчетные объемы перевозок на линии ВСМ-2 могут быть обеспечены

Таблица 3

Основные параметры современных высокоскоростных электропоездов

Серия электропоезда	ICE3	AGV	ETR1000	HEMU430X	AVRIL	CRH380D
Страна	Германия	Франция	Италия	Республика Корея	Испания	Китай
Максимальная скорость, км/ч	330	360	360	370	380	380
Тяговая мощность электропоезда, кВт	8000	6080	9800	9800	10000	10000
Число мест для пассажиров	415	250	471	500	600	664
Схема расстановки кресел в салонах	2 + 2	2 + 2	2 + 2	2 + 2	3 + 2	3 + 2
Длина электропоезда, м	200	130	202	202	200	215
Ширина кузова, м	2,95	2,98	2,92	3,1	3,2	3,4
Масса тары электропоезда, т	420	272	500	460	330	462
Число осей, общее/моторных	32/16	16/10	32/16	32/24	20/10	32/16
Нагрузка на ось, т	16	17	17	14,5	16,5	14,5
Удельная масса тары, т/м	2,1	2,1	2,5	2,3	1,65	2,15
Удельная масса тары, т/пасс.	1,01	1,09	0,96	0,92	0,55	0,69
Удельная пассажироместимость, пасс./м	2,1	1,9	2,3	2,5	3,0	3,08
Удельная тяговая мощность на ободу колеса, кВт/т брутто	17,5	21,0	18,5	19,8	26,5	19,6

Таблица 4

Основные расчетные параметры высокоскоростного электропоезда в зависимости от его длины

Показатели	Расчетные варианты длины поезда, м			
	200	250	300	350
Удельная масса тары, т/м	2,2	2,2	2,2	2,2
Удельная пассажироместимость, пасс./м	2,7	2,6	2,5	2,3
Удельная тяговая мощность на ободе колеса, кВт/т	20,7	20,6	20,5	20,4
Масса тары электропоезда, т	440	550	660	770
Число пассажиров	540	650	750	805
Масса поезда брутто, т	494	615	735	851
Общее число осей в поезде, не менее	30	36	44	50
Расчетное число осей в поезде	32	40	48	56
Необходимая тяговая мощность на ободе колес, кВт	10 226	12 669	15 068	17 350
Расчетная сила тяги поезда по условию обеспечения ускорения при разгоне, кН, не менее	245	304	365	420
Расчетное число моторных осей	16	20	24	28
Расчетная электрическая мощность тягового двигателя, кВт	690	684	678	669

электропоездами с номинальной вместимостью не менее 700 пассажиров, например 14-вагонными электропоездами «Сапсан» (длина поезда составит около 350 м). Для того чтобы оценить возможности оптимизации параметров подвижного состава, определение целевых показателей электропоезда должно основываться на фактических параметрах проекта «Сапсан» и учитывать мировые тенденции.

Главное достоинство железнодорожной системы с шириной колеи 1520 мм — это возможность полноценно использовать габарит подвижного состава. В проектах AVRIL и CRH380D при ширине кузова вагона более 3200 мм применяется схема расстановки кресел в салонах 3 + 2, что существенно повышает удельные показатели пассажироместимости этих поездов. Очевидно, что при допустимой российским габаритом ширине кузова 3500..3550 мм даже при выполнении усиленной теплоизоляции кузова также возможно размещение кресел по схеме 3 + 2. Увеличение параметра пассажироместимости для этих вагонов составит примерно 24% — с 2,7 до 3,3 пасс./м.

В отличие от принятого в большинстве стран категорирования качества услуг в высокоскоростном сообщении на два класса обслуживания, в российском электропоезде предлагается 4 класса. Для класса «Премиум» предусматривается схема расстановки кресел 2 + 1 и повышенное расстояние между рядами или отдельные купе, для классов «Бизнес» и «Эконом» схема 2 + 2, и только для «Туристического» класса целесообразно принять схему расстановки 3 + 2. Учитывая, что количество мест в салонах «Туристического» класса будет составлять не более 40% общего числа пассажирских мест в поезде, целевое значение удельного показателя пассажироместимости для

электропоездов ВСМ можно установить на уровне не менее 2,5 пасс./м, т. е. на 18% выше, чем у электропоездов ЭВС1 «Сапсан».

Применение широкого кузова увеличивает удельную массу тары поезда на единицу длины. Так, изменение ширины кузова с 2950 до 3500 мм при прочих равных условиях изменяет этот показатель с 2,1 до 2,5 т/м. В качестве целевого показателя для ВСМ предлагается принять значение 2,2. Достижение целевого показателя возможно при применении инновационных разработок в области конструкционных материалов, таких как экструдированные алюминиевые панели, пеноалюминий, углепластики и другие композиты с приемлемыми характеристиками прочности.

Зарубежные высокоскоростные электропоезда с конструкционной скоростью 350...380 км/ч оснащаются тяговым электрооборудованием с удельной мощностью на ободе колеса от 18 до 21 кВт/т брутто. Электропоезд для ВСМ-2 должен обеспечить выполнение нескольких основных требований по тяговым свойствам и тяговой мощности при питании от тяговой сети переменного тока:

1. Выполнение расчетных режимов движения при полной загрузке вагонов пассажирами с минимальными энергетическими затратами, при этом должен обеспечиваться запас маршрутного времени хода не менее 10%.

2. Разгон порожнего электропоезда до 400 км/ч на прямом горизонтальном участке пути.

3. Разгон полностью загруженного электропоезда до конструкционной скорости 360 км/ч на прямом горизонтальном участке пути и поддержание установленной скорости 360 км/ч при движении на подъеме с уклоном 5‰.

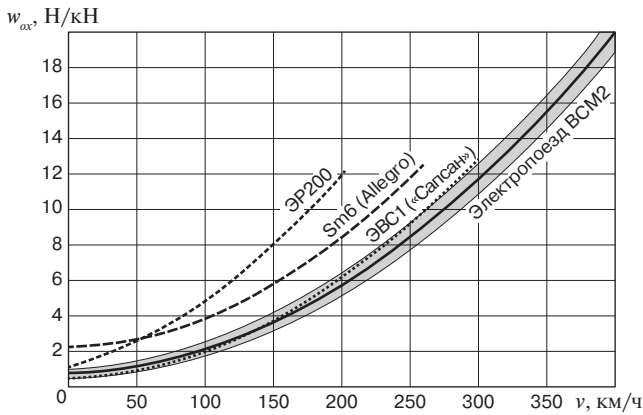
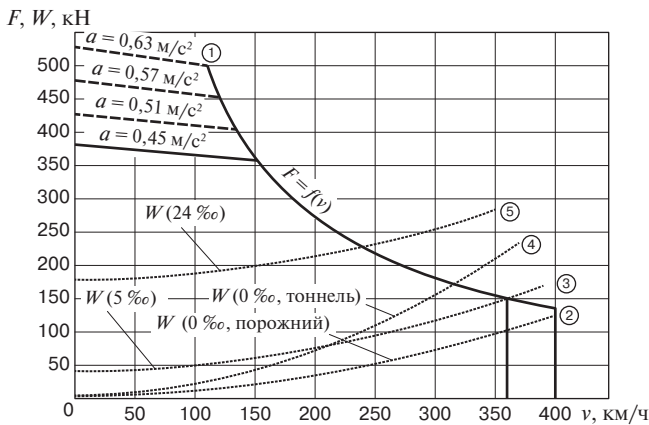


Рис. 1. Основное удельное сопротивление движению w_{ox} электропоездов ЭР200, Sm6, ЭВС1 и прогнозируемое расчетное значение для высокоскоростного электропоезда



- ① Тяговые характеристики электропоезда в основной составности с ограничениями по силе тяги (F) для различных вариантов ускорения при разгоне (a)
- ② Сила сопротивления движению порожнего электропоезда
- ③ Сила сопротивления движению загруженного электропоезда на подъеме 5 ‰
- ④ Сила сопротивления движению загруженного электропоезда на нулевом профиле при движении в тоннеле
- ⑤ Сила сопротивления движению загруженного электропоезда на максимальном подъеме 24 ‰

Рис. 2. Тяговые характеристики высокоскоростного электропоезда и силы сопротивления движению

Таблица 5

Характеристика ограничения по сцеплению в соответствии с требованиями TSI

Скорость, км/ч	Расчетный коэффициент сцепления*
0	0,30
100	0,275
200	0,19
300	0,10

*Для промежуточных значений скорости применяется линейная интерполяция.

4. Движение в тоннеле полностью загруженного электропоезда с установившейся скоростью не менее 300 км/ч.

5. Движение полностью загруженного электропоезда на подъеме с уклоном 24‰ с установившейся скоростью не менее 240 км/ч.

6. Среднее ускорение при разгоне полностью загруженного электропоезда в диапазоне скоростей от 0 до 100 км/ч должно составлять не менее 0,45 м/с².

Главным фактором неопределенности при определении тяговой мощности является удельное сопротивление движению при скоростях движения более 250 км/ч и особенно близких к 400 км/ч. На этот показатель оказывают влияние множество факторов, ключевой из которых — аэродинамическое сопротивление поезда.

Анализ фактических значений удельного сопротивления движению скоростных и высокоскоростных электропоездов ЭР200, ЭВС1 и Sm6 позволяет с достаточной точностью спрогнозировать расчетную величину основного удельного сопротивления движению электропоезда для ВСМ (рис. 1), которую можно принять при математическом моделировании процессов движения и режимов работы высокоскоростного электропоезда. Сравнение полученного результата с зарубежными данными показывает, что оценочная погрешность прогноза составляет не более ± 5% (см. рис. 1, заштрихованная зона).

Таким образом, для высокоскоростного электропоезда можно принять следующие расчетные зависимости основного удельного сопротивления движению при езде под током (в режимах тяги и электрического торможения) w'_o и при езде без тока (выбег) w_{ox} , Н/кН:

$$w'_o = 0,714 + 0,00113v + 0,000114v^2;$$

$$w_{ox} = 0,714 + 0,00113v + 0,000114v^2 + (0,163 + 0,00181v) \frac{m_M}{m_{\Pi}},$$

где v — скорость движения, км/ч; m_M — число моторных осей в поезде; m_{Π} — общее число осей в поезде (моторных и немоторных).

Особенности аэродинамики высокоскоростных поездов при движении в тоннелях необходимо учитывать через дополнительное удельное сопротивление w_T , Н/кН:

$$w_T = 0,000114v^2.$$

Указанные выше зависимости должны уточняться по мере детализации данных о подвижном составе для ВСМ.

В табл. 4 приведены основные расчетные параметры высокоскоростного электропоезда, полученные на основе приведенных выше заданных удельных показателей. Моделирование тяговых свойств

показывает, что требования к тяговым характеристикам выполняются при расчетной удельной тяговой мощности на ободу колеса 20,5 кВт/т брутто.

Выполнение требований по пассажировместимости поезда не менее 700 чел. обеспечивается при его длине не менее 285 м. Для дальнейшей эскизной проработки конфигурации и определения характеристик целесообразно принять в качестве расчетного варианта электропоезд длиной 300 м, массой тары 660 т и тяговой мощностью на ободу колеса около 15 МВт.

Выполнение требований по максимальной величине средней нагрузки на ось 17 т обеспечивается, если в поезде будет предусмотрено не менее 44 осей, при этом с учетом габаритных ограничений для тяговых двигателей и расчетных ограничений по сцеплению целесообразно предусмотреть не менее 40% обмоточных осей. В базовом расчетном варианте принимаем 48 осей, 24 из которых являются моторными (или 50%), при электрической мощности тяговых двигателей 678 кВт. На рис. 2 приведена тяговая характеристика расчетного варианта электропоезда, а также зависимости сил сопротивления движению от скорости движения при различных условиях реализации тяги.

Сцепные свойства высокоскоростных электропоездов при скорости движения выше 250 км/ч в России не исследовались, поэтому силы ограничения по сцеплению рассчитывались в соответствии с европейскими нормативами TSI (табл. 5) [10]. Ограничение по сцеплению на рис. 2 не приведено, так как лежит существенно выше пусковых сил тяги и, следовательно, не оказывает влияния на тяговые свойства электропоезда. Максимальное значение расчетного коэффициента тяги при реализации тяговых усилий, соответствующих разгону электропоезда с ускорением 0,45 м/с², составляет не более 0,1.

Указанные на рис. 2 данные подтверждают возможность выполнения всех основных требований к тяговым характеристикам. Движение с конструкционной скоростью 360 км/ч полностью загруженного электропоезда обеспечивается с остаточным ускорением около 0,05 м/с². Обеспечивается разгон незагруженного электропоезда до максимальной скорости 400 км/ч, а также движение на уклонах до 24‰ и в туннелях в соответствии с заданными требованиями.

Указанные тяговые характеристики определены при движении электропоезда на участках с системой тяги переменного тока 25 кВ, при использовании максимальной тяговой мощности сила тока в контактной сети будет достигать 1000 А. При питании электропоезда от тяговой сети постоянного тока 3 кВ реализация максимальной мощности может быть ограничена предельно допустимыми значениями силы тока в контактной сети. Вопрос ограничения скоростей движения и максимальной мощности на линиях постоянно тока требует дополнительного изучения.

Учитывая, что линии ВСМ будут интегрированы в общую сеть Российских железных дорог, то высокоскоростные электропоезда должны быть также приспособлены для эксплуатации на обычных линиях.

Заключение. Развитие сети ВСМ в России — это результат многолетнего технологического и эксплуатационного опыта ученых и специалистов Российских железных дорог. Разработаны и утверждены технические требования к высокоскоростному электропоезду, ожидается начало процедур по выбору разработчика и поставщика подвижного состава. До тех пор, пока поставщик электропоезда не определен, целесообразно на первом этапе проектирования инфраструктуры ВСМ принять в качестве расчетных представленные в данной статье параметры и характеристики высокоскоростного электропоезда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаров О.Н. Скоростной электропоезд ЭР200 // [Электронный ресурс]: Профессионально об электропоездах. URL: <http://emurpages.ru/trains-er200.htm> (дата обращения: 12.01.2015 г.).
2. Гуткин Л.В., Дымант Ю.Н., Иванов И.А. Электропоезд ЭР200. М.: Транспорт, 1981. 192 с.
3. Гуткин Л.В., Матюшин В.А., Самарец Д.М. Расчетные электротяговые показатели электропоездов для высокоскоростной пассажирской магистрали Санкт-Петербург — Москва // Вестник ВНИИЖТ. 1993. № 5. С. 35 — 40.
4. Косарев А.Б., Назаров О.Н. Научная поддержка развития высокоскоростного движения // Железнодорожный транспорт. 2008. № 4. С. 23 — 26.
5. Технические особенности высокоскоростного поезда Velaro RUS / В.А. Гапанович [и др.] // Техника железных дорог. 2009. № 1. С. 37 — 49.
6. Lipp A., John D., Mangler R., Nazarov A.S., Nazarov O.N., Shilkin V.P. Hochgeschwindigkeitszüge Velaro für Russland // EB: Elektrische Bahnen. 2008. V. 106. Heft 8 — 9, pp. 345 — 356.
7. Муратов Д.Г. Проект высокоскоростной магистрали Москва — Санкт-Петербург // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 1. С. 13 — 15.
8. Шкурников С.В., Бушуев Н.С., Голубцов В.А. Общие требования к проектированию высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Казань // Транспорт Российской Федерации. 2015. № 2 (57). С. 26 — 29.
9. Назаров О.Н., Кирюшин Д.Е. Научное обеспечение разработки нормативной базы и технологических решений для высокоскоростного движения в России // Электрификация транспорту. 2014. № 7. С. 39 — 45.
10. Commission regulation (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the «rolling stock — locomotives and passenger rolling stock» subsystem of the rail system in the European Union // Official Journal of the European Union, L356, 12.12.2014, pp. 228 — 393.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

НАЗАРОВ Олег Николаевич,
заместитель Генерального директора
ОАО «ВНИИЖТ».
129626, Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10.
Тел.: (499) 260-41-06.
E-mail: nazarov.oleg@vniizht.ru

The Most Appropriate Solutions for Moscow – Yekaterinburg HSR Project: Definition of the High-Speed EMU Train Key Parameters

Oleg N. Nazarov, Candidate of Technical Science, Deputy Director General, JSC Railway Research Institute (JSC VNIIZhT). 10, 3rd Mytischinskaya str., 129626 Moscow, Russian Federation. Tel.: +7 (499) 2604106. E-mail.: nazarov.oleg@vniizht.ru

Abstract. The paper contains synopsis of High Speed Rail (HSR) projects in Russia (inclusive of high-speed rolling stock) for the years 1974 – 2014. There are discussed basic outcomes of high-speed EMU trains Sapsan and Allegro operation between Moscow, St. Petersburg, Nizhny Novgorod and Helsinki.

A strategic study on the implementation of a 1520mm-gauge High Speed Rail network in Russia with the maximum speed up to 400 kph was launched by the JSC RZD in 2013.

The paper presents information about Moscow – Yekaterinburg HSR-2 line inclusive of main infrastructure characteristics and applicable technical requirements to the HSR EMU train covering its configuration, vehicle gauge, tractive characteristics, aerodynamics, electrical power supply system and passenger car interiors.

The discussed technical requirements were developed and approved by RZD on June 8, 2015. Definition of the high-speed train key parameters and specifications is based upon ingenious method. To decide on the concept of the train and its main technical characteristics there were investigated its recently developed closest analogues with design speed ranging from 360 to 400 kph. Target values of basic parameters were estimated with allowance for the specific requirements imposed to the Russian high speed train in the context of agreed HSR-2 standards. Given that the designing phase of the Moscow – Kazan high speed railway is underway the defined key train parameters and specifications are recommended for use in further calculations.

Basic provisions of the paper were first unveiled in 2015 at the 9th UIC World Congress on High Speed Rail in Tokyo.

Keywords: High Speed Rail (HSR); high speed electric train; traction characteristics; traction; technical specifications; running resistance

References

1. Nazarov O. N. *Series ER200 high speed train*. The EMU Pages. Available at: <http://emupages.ru/trains-er200.htm>. Accessed January 12, 2015. (in Russ.).
2. Gutkin L. V., Dymant Yu. N., Ivanov I. A. *Elektropoezd ER200* [Series ER200 electric train]. Moscow, Transport Publ., 1981. 192 p.
3. Gutkin L. V., Matyushin V. A., Samarets D. M. *Raschetnye elektroyagovye pokazateli elektropoezdov dlya vysokoskorostnoy*

passazhirskoy magistrali Sankt-Peterburg – Moskva [Estimated electric traction performance of electric trains for high-speed passenger line St. Petersburg – Moscow]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 1993, no. 5, pp. 35 – 40.

4. Kosarev A. B., Nazarov O. N. *Nauchnaya podderzhka razvitiya vysokoskorostnogo dvizheniya* [Scientific support for the development of high-speed rail]. Zheleznodorozhnyy transport, 2008, no. 4, pp. 23 – 26.

5. Gapanovich V. A., Nazarov A. S., Yagovkin A. N., Yanchenko E. G., Shulyndin S. V., Nazarov O. N. *Tekhnicheskie osobennosti vysokoskorostnogo poezda Velaro RUS* [Technical characteristics of high-speed Velaro RUS train]. Vestnik Instituta problem estestvennykh monopoliy: Tekhnika zheleznykh dorog, 2009, no. 1 (5), pp. 37 – 49.

6. Lipp A., John D., Mangler R., Nazarov A. S., Nazarov O. N., Shilkin V. P. *Hochgeschwindigkeitzüge Velaro für Russland* [High-speed trains Velaro for Russia]. EB: Elektrische Bahnen. 2008, vol. 106, no. 8 – 9, pp. 345 – 356.

7. Muratov D. G. *Proekt vysokoskorostnoy magistrali Moskva – Sankt-Peterburg* [Project for a high speed Moscow – St. Petersburg railway]. Transport Rossiyskoy Federatsii, 2011, no. 1 (32), pp. 13 – 15.

8. Shkurnikov S. V., Bushuev N. S., Golubtsov V. A. *Obshchie trebovaniya k proektirovaniyu vysokoskorostnoy zheleznodorozhnoy magistrali Moskva – Kazan'* [Basic requirements for designing the high-speed Moscow to Kazan railway line]. Transport Rossiyskoy Federatsii, 2015, no. 2 (57), pp. 26 – 29.

9. Nazarov O. N., Kiryushin D. E. *Nauchnoe obespechenie razrabotki normativnoy bazy i tekhnologicheskikh resheniy dlya vysokoskorostnogo dvizheniya v Rossii* [Scientific support for the development of regulatory and technological solutions for the high-speed rail in Russia]. Elektrifikatsiya transportu, 2014, no. 7, pp. 39 – 45.

10. *Commission regulation (EU) No. 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the "rolling stock – locomotives and passenger rolling stock" subsystem of the rail system in the European Union*. Official Journal of the European Union, 12.12.2014, L356, pp. 228 – 393.

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Ромен Ю. С. Динамика железнодорожного экипажа в рельсовой колее. Методы расчета и испытаний. М.: ВМГ-Принт, 2014. 210 с.

Описываются основные этапы теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия подвижного состава и пути. Изложена методика составления алгоритма расчетов динамических процессов направления экипажа рельсовой колеей. Приведены результаты расчетов и испытаний новых и модернизированных типов вагонов, на базе которых производится установление скоростей движения. Показано влияние состояния пути и ходовых частей подвижного состава на энергетические параметры их взаи-

модействия и безопасность движения. Дается методика оценки состояния пути по динамическому воздействию на подвижной состав на основании измерения его геометрических параметров.

Книга предназначена для работников дорог, специалистов научных и проектных организаций, связанных с созданием и оценкой новых типов подвижного состава, может быть полезна преподавателям и студентам учебных заведений железнодорожного транспорта.

По вопросам предварительного заказа на приобретение книги обращайтесь в редакционно-издательский отдел ОАО «ВНИИЖТ», тел. (499) 260-43-20.