

# Возможность повышения скоростей движения скоростных и высокоскоростных электропоездов по стрелочным переводам и съездам

А. М. БРЖЕЗОВСКИЙ<sup>1</sup>, Б. Э. ГЛЮЗБЕРГ<sup>1</sup>, М. И. ТИТАРЕНКО<sup>1</sup>, И. Е. ИЛЬИН<sup>2</sup>, В. С. ВИКТОРОВ<sup>3</sup>, В. Н. ТУЛУШЕВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

<sup>2</sup>Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ОАО «ВНИКТИ»), Коломна, 140402, Россия

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены (ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора), Москва, 125438, Россия

**Аннотация.** Экспериментально исследована возможность повышения скорости движения скоростных («Ласточка») и высокоскоростных («Сапсан») электропоездов на боковое направление скоростных (проект 2726) и высокоскоростных (проект 2956) стрелочных переводов.

Применена комплексная методика исследований, основанная на определении в единый момент времени показателей динамических качеств и устойчивости движения подвижного состава, воздействия подвижного состава на рельсовые элементы стрелочных переводов, показателей работоспособности локомотивных бригад и комфорта проезда пассажиров в эксплуатационных условиях.

Приведены численные значения указанных показателей и обоснована принципиальная возможность движения электропоездов по стрелочным переводам и съездам со скоростями, превышающими действующие нормативы.

**Ключевые слова:** электропоезд; стрелочный перевод; комплексные испытания; допускаемые скорости; показатели динамических качеств подвижного состава; показатели воздействия на рельсовые элементы стрелочных переводов; показатели физиологического состояния пассажиров

**Введение.** Необходимость выполнения ремонтных и регламентных работ на объектах инфраструктуры линий, предназначенных для обращения высокоскоростных и скоростных пассажирских поездов, приводит к существенным задержкам в графике движения этих поездов. Указанные работы производятся с одновременным закрытием нескольких перегонов, располагающихся как в одном, так и в другом направлении. Как правило, по таким перегонам поезда следуют в неправильном направлении с одного главного пути на другой по диспетчерским съездам на станциях при замыканиях к ремонтируемым участкам линии. В период проведения ремонтных работ на объектах путевой инфраструктуры количество таких перегонов на линии Санкт-Петербург — Москва составляет не менее двух в каждом направлении. По расчетным данным, при

увеличении скорости движения на боковое направление по диспетчерским съездам с 50 до 60 км/ч экономия времени хода электропоезда ЭВС «Сапсан» составляет в зависимости от величины скорости начала торможения и скорости следования по неправильно-му пути не менее 60 с на один участок обхода.

С целью сокращения негативного влияния потерь времени, необходимого для пропуска поездов по диспетчерским съездам, на исполненные графики движения скоростных и высокоскоростных поездов по инициативе ОАО «РЖД» в мае-июне 2015 г. были проведены экспериментальные исследования возможности движения электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» на боковой путь по скоростным и высокоскоростным стрелочным переводам типа Р65 с крестовиной марки 1/11 со скоростью 60 км/ч на обходах участков выполнения работ.

**Методика экспериментальных исследований.** Действующими нормативными документами Минтранса России и ОАО «РЖД» на основании разработанных в АО «ВНИИЖТ» под руководством проф. М. Ф. Вериги принципов комплексного подхода к установлению допускаемых скоростей движения [1, с. 476–491] наибольшая скорость движения электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» на боковое направление стрелочных переводов типа Р65 с крестовиной марки 1/11, определенная по результатам комплексных испытаний 2009–2011 гг. [2], составляет 50 км/ч.

Следует иметь в виду, что в соответствии с конструкторской документацией на скоростные (проект № 2726) и высокоскоростные стрелочные переводы типа Р65 с крестовиной марки 1/11 (проект № 2956 [3]), учитывая не превышение норматива поперечного непогашенного ускорения  $0,7 \text{ м/с}^2$ , конструкционная скорость движения на боковое направление этих стрелочных переводов также составляет 50 км/ч.

■ E-mail: s\_brz@mail.ru (А. М. Бржезовский)

Таблица 1

Критерии оценки напряженно-деформированного состояния металлических элементов стрелочных переводов, динамических качеств и устойчивости движения вагонов электропоездов

Table 1

Criteria for evaluation of the stress-deformed state of metallic elements of turnouts, dynamic qualities and stability of the motion of EMU cars

Наименование показателя, размерность	Критерий	Нормативный документ
Допускаемые динамические напряжения растяжения в кромках подошвы рельса в переднем вылете и переводных кривых стрелочных переводов, МПа, не более	240	ГОСТ Р 55050 – 2012*
Допускаемые напряжения в кромках подошвы острияков стрелочных переводов, МПа, не более	275	То же
Допускаемое отношение рамной силы к статической осевой нагрузке, не более	0,4	ТЗ ЭВС «Сапсан»**
Допускаемые боковые силы, передаваемые от колеса на рельс, кН, не более	120	ГОСТ Р 55050 – 2012
Ускорения кузова на полу над пятником, м/с <sup>2</sup> , не более: вертикальные горизонтальные	2,0 2,0	ТЗ ЭВС «Сапсан»
Допускаемые отношения динамической нагрузки к статической нагрузке: в первой ступени рессорного подвешивания, не более во второй ступени рессорного подвешивания, не более	0,30 0,20	То же
Ускорения рамы тележки горизонтальные, м/с <sup>2</sup> , не более: для ЭВС1 «Сапсан» для ЭС1 «Ласточка»	9,92 10,45	Памятка UIC-518

\*ГОСТ Р 55050 – 2012 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на путь и методы испытаний». М.: Стандартинформ, 2013.

\*\*Высокоскоростные поезда для железнодорожного сообщения в России. Техническое задание. М., 2006.

Таким образом, при движении электропоездов на боковое направление стрелочных переводов с крестовиной марки 1/11 со скоростью свыше 50 км/ч возникает необходимость в обосновании возможности движения в кривых радиусом 300 м без возвышения наружного рельса с повышенным по отношению к действующему нормативу уровнем поперечного непогашенного ускорения (для скорости движения 60 км/ч превышение действующего норматива поперечного непогашенного ускорения составляет 32%).

Оценка возможности повышения допускаемой скорости движения на боковое направление

Таблица 2

Результаты обмеров стрелочного перевода проекта № 2726 (№ 55 ст. Чудово)

Table 2

The results of measurements of turnouts of the project No. 2726 (No. 55 station Chudovo)

Ширина колеи, мм	Измеренные значения		Нормативные значения
	Прямой путь	Боковой путь	
В переднем стыке рамных рельсов	1522		1520 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
В острие острияков	1525		1524 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
В корне острияков	1523	1525	1520 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub> 1521 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
В середине переводной кривой	1522	1526	1520 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub> 1520 <sup>+10</sup> <sub>-2</sub>
В переднем стыке крестовины	1522	1523	1520 <sup>+3</sup> <sub>-3</sub> 1520 <sup>+3</sup> <sub>-3</sub>
В заднем стыке крестовины	1521	1519	1520 <sup>+3</sup> <sub>-3</sub> 1520 <sup>+3</sup> <sub>-3</sub>

стрелочных переводов производилась по совокупности показателей динамических качеств подвижного состава, устойчивости его движения и взаимодействия с рельсовыми элементами стрелочных переводов [4]. При этом, учитывая особенности воздействия на организм человека повышенной скорости движения и прежде всего уровня центробежных ускорений и их изменения, методика проведения исследования включала в себя также непосредственную оценку работоспособности членов локомотивных бригад и комфортности проезда пассажиров в процессе проведения опытных заездов. Следовательно, экспериментальные исследования потребовалось проводить в режиме реальной эксплуатации электропоездов. Показатели физиологического состояния (шум, вибрации, действие поперечного непогашенного ускорения, параметры микроклимата) оценивались с применением действующих методических указаний.

Комплексные экспериментальные исследования проводились АО «ВНИИЖТ» совместно с ОАО «ВНИКТИ» и ФГУП «ВНИИЖГ».

Критериальные значения показателей напряженно-деформированного состояния металлических элементов стрелочных переводов, показателей динамических качеств и устойчивости движения вагонов электропоездов приведены в табл. 1.

По предложению Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД» в качестве измерительных принимались скоростной стрелочный перевод проекта № 2726 и высокоскоростной стрелочный перевод проекта № 2956, уложенные в составах съездов на главных путях ст. Чудово Октябрьской железной дороги. В соответствии с конструкторской

документацией скорость движения подвижного состава на боковой путь по стрелочным переводам этих проектов составляет 50 км/ч.

Перед проведением испытаний обследовалось фактическое техническое состояние измерительных переводов по маршрутам движения испытательных поездов. Стрелочный перевод № 55, типа Р65, марки 1/11, проекта № 2726 эксплуатируется в составе съезда проекта № 2728 на втором главном пути ст. Чудово Октябрьской железной дороги. Перевод уложен в путь 22 апреля 2010 г. Нарботка к моменту проведения испытаний составила 75,81 млн т брутто. Стрелочный перевод № 4, типа Р65, марки 1/11, проекта № 2956 эксплуатируется в составе съезда проекта № 2968 на первом главном пути ст. Чудово. Перевод уложен в путь 12 октября 2011 г. Нарботка к моменту проведения испытаний составила 48,65 млн т брутто. Рельсовые элементы стрелочных переводов не имели каких-либо повреждений, ограничивающих скорости движения подвижного состава. Состояние рельсовой колеи стрелочных переводов характеризовалось данными, представленными в табл. 2 и 3.

Как видно из этих данных, состояние стрелочных переводов по параметрам рельсовой колеи полностью соответствовало нормативным требованиям Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути (распоряжение ОАО «РЖД» от 29.12.2012 г. № 2791р). Для регистрации показателей напряженно-деформированного состояния рельсовых элементов стрелочные переводы оборудовались тензометрическими схемами, расположенными в наиболее нагруженных сечениях, в том числе в переднем вылете рамного рельса, на криволинейном острьяке и на рельсах упорной нитки переводной кривой. В тех же сечениях монтировались тензометрические схемы для регистрации боковых сил, передаваемых на рельсы колесами подвижного состава (по методу Шлупфа [5]).

Расстановка тензометрических схем на измерительных стрелочных переводах приведена на рисунке.

В качестве испытательного подвижного состава использовались электропоезда ЭВС1 «Сапсан» и ЭС1

Таблица 3

Результаты обмеров стрелочного перевода проекта № 2956 (№4 ст. Чудово)

Table 3

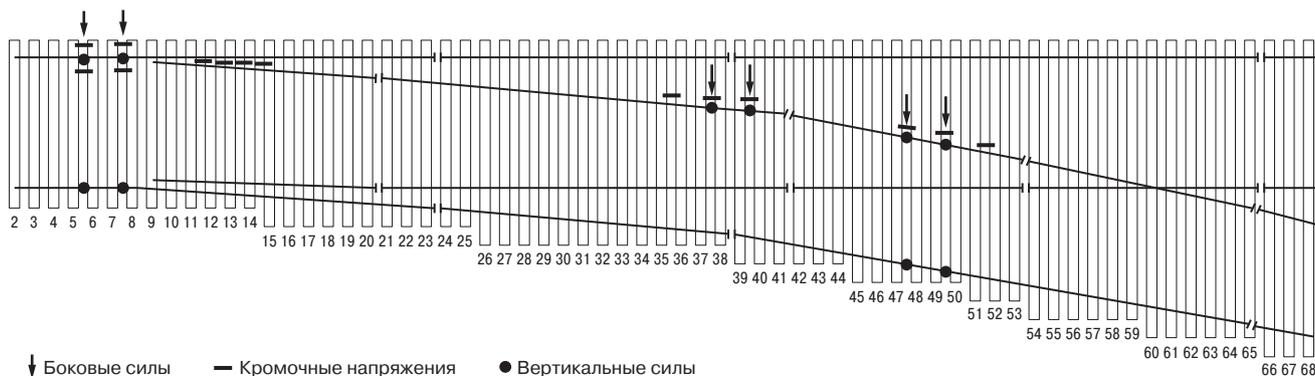
The results of measurements of turnouts of the project No. 2956 (No. 4 station Chudovo)

Ширина колеи, мм	Измеренные значения		Нормативные значения
	Прямой путь	Боковой путь	
В переднем стыке рамных рельсов	1522		1520 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
В острие остряков	1525		1524 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
В корне остряков	1519	1523	$\frac{1520^{+4}}{1520^{+10}}$ <sub>-2</sub>
В середине переводной кривой	1522	1524	$\frac{1520^{+3}}{1520^{+3}}$ <sub>-3</sub>
В переднем стыке крестовины	1519	1520	$\frac{1520^{+3}}{1520^{+3}}$ <sub>-3</sub>
В заднем стыке крестовины	1520	1520	$\frac{1520^{+3}}{1520^{+3}}$ <sub>-3</sub>

«Ласточка», взятые непосредственно из эксплуатации и имевшие «предремонтное» техническое состояние. Из результатов обмера геометрических параметров поверхностей катания колес (экстремальные величины, табл. 4) видно, что контролируемые параметры находились в допускаемых пределах, регламентированных приложением 9 к ПТЭ.

Максимальный прокат по кругу катания, уровень которого оказывает наибольшее влияние на устойчивость движения подвижного состава, практически в 2,0 раза ниже допускаемого значения (2,4...2,5 мм при допуске 5,0 мм). Один из головных вагонов и следующий за ним промежуточный вагон электропоездов ЭВС1 «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» загружались мерными грузами для имитации номинального наполнения пассажирами; статические осевые нагрузки вагонов составляли соответственно 165,8 и 184,5 кН.

На рамах тележек вагонов электропоездов монтировались датчики относительных перемещений «рама тележки — буксовый узел» в вертикальном и



↓ Боковые силы — Кромочные напряжения ● Вертикальные силы

Схема расположения приборов на измерительных стрелочных переводах типа Р65, марки 1/11, проектов 2726 и 2956 (съезд 2968)  
Scheme of arrangement of instruments on the measuring R65 type turnouts of mark 1/11 of projects 2726 and 2956 (connecting line 2968)

Таблица 4

Геометрические параметры поверхностей катания колес электропоездов ЭВС1 № 07 и ЭС1 № 030

Table 4

Geometric parameters of rolling surface of the wheel of EMUs EVS1 No. 07 and ES1 No. 030

Параметр, мм	ЭВС1 № 07				ЭС1 № 030			
	Моторные вагоны		Немоторные вагоны		Моторные вагоны		Немоторные вагоны	
	факт	допуск	факт	допуск	факт	допуск	факт	допуск
Высота гребня	32,5	28/35	32,2	28/35	30,4	28/35	32,4	28/35
Прокат	2,5	5,0	2,2	5,0	0,4	5,0	2,4	5,0
Толщина гребня	32,7/31,5	29/34	32,6/31,4	29/34	30,5/31,6	29/34	30,2/31,8	29/34
Крутизна минимальная	9,2	7,0	9,2	7,0	9,2	7,0	8,1	7,0
Диаметр минимальный	868,2	851,0	874,1	851,0	906,4	851,0	910,6	851,0
Разность диаметров максимальная:								
на колесной паре	0,8	1,2	0,8	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2
на тележке	2,8	5,0	11,3	15,0	2,7	5,0	5,1	15,0
на вагоне	3,2	5,0	15,9	30,0	3,0	5,0	7,6	30,0

Примечание. В числителе — минимальное значение, в знаменателе — максимальное значение.

горизонтальном поперечном направлении, а также «кузов — рама тележки» в вертикальном направлении; акселерометры с ориентацией рабочей оси в горизонтальном поперечном направлении. На полу кузовов вагонов устанавливались акселерометры с ориентацией рабочей оси в вертикальном и горизонтальном поперечном направлении.

Испытательные поездки электропоездов по измерительным стрелочным переводам производились

«челноком» с поэтапным повышением скоростей движения в диапазоне 40...60 км/ч с интервалами 5–10 км/ч. Количество испытательных поездок при скоростях движения 50 и 60 км/ч составляло не менее 20 для каждого из выбранных маршрутов и для каждого электропоезда [6]. Переход на последующий, более высокий уровень скорости движения производился по результатам экспресс-анализа динамических процессов из условия непревышения любого показателя из

Таблица 5

Динамические показатели воздействия ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» при движении на боковой путь по стрелочному переводу проекта № 2726

Table 5

Dynamic performance of impact of EMU EVS “Sapsan” and ES1 “Lastochka” during the motion on the side track through turnouts of the project No. 2726

Наименование показателя, размерность	Критерий (не более)	Наибольшие зафиксированные значения при скорости движения, км/ч		
		40	50	60
Динамические напряжения растяжения в кромках подошвы рамного рельса в переднем вылете, МПа	240	105/110	112/170	117/191
Динамические напряжения растяжения в кромках подошвы рельсов переводной кривой стрелочного перевода, МПа	240	106/115	112/122	122/130
Динамические напряжения в кромках подошвы острьяка стрелочного перевода, МПа	275	103/118	108/120	115/123
Боковые силы, передаваемые от колеса на рельс, кН	120	75/76	82/96	92/112

Примечание. В числителе — по вагонам ЭВС «Сапсан», в знаменателе — ЭС1 «Ласточка».

Таблица 6

Динамические показатели воздействия ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» при движении на боковой путь по стрелочному переводу проекта № 2956

Table 6

Dynamic performance of impact of EMU EVS “Sapsan” and ES1 “Lastochka” during the motion on the side track through turnouts of the project No. 2956

Наименование показателя, размерность	Критерий (не более)	Наибольшие зафиксированные значения при скорости движения, км/ч		
		40	50	60
Динамические напряжения растяжения в кромках подошвы рамного рельса в переднем вылете, МПа	240	100/102	104/165	113/185
Динамические напряжения растяжения в кромках подошвы рельсов переводной кривой стрелочного перевода, МПа	240	105/105	112/116	120/126
Динамические напряжения в кромках подошвы острьяков стрелочного перевода, МПа	275	100/105	98/110	110/139
Боковые силы, передаваемые от колеса на рельс, кН	120	70/72	79/85	90/97

См. примечание к табл. 5.

совокупности критериев, приведенных в табл. 1. Ниже рассмотрены основные результаты экспериментальных исследований.

**Показатели воздействия вагонов электропоездов на металлические элементы стрелочных переводов.** Из данных, приведенных в табл. 5 и 6, видно, что динамические напряжения в остриях и рельсовых элементах стрелочных переводов проекта № 2726 и проекта № 2956 под воздействием колес ЭВС «Сапсан», движущегося по ответвлению (на боковой путь) со скоростью 40 – 60 км/ч, ниже предельно допустимых значений во всем исследованном диапазоне скоростей.

Так, на стрелочном переводе проекта № 2726 наибольшие значения напряжений растяжения в кромках подошвы рамного рельса в переднем вылете и рельсов переводной кривой, а также напряжений в кромках подошвы острия при скорости движения 60 км/ч не превышали соответственно 80, 55 и 45% критериальных значений. На стрелочном переводе проекта № 2956 указанные напряжения не превышали соответственно 75, 55 и 51%.

Следовательно, по показателям прочности и устойчивости элементов стрелочных переводов проектов № 2726 и № 2956 пропуск электропоездов ЭВС1 «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» со скоростью 60 км/ч по их боковому пути может быть допущен. В то же время следует отметить, что при движении ЭС1 «Ласточка» по ответвлению измерительных стрелочных переводов наблюдался скрип, характерный для затрудненного вписывания экипажа в стрелочную кривую. Аналогичные явления, возникающие на участках с затрудненным вписыванием электропоездов, как правило, приводят к быстрому износу остриев и рамных рельсов стрелочных переводов.

**Показатели динамических качеств и устойчивости движения вагонов электропоездов.** В табл. 7 и 8 приведены максимальные наблюдаемые величины показателей динамических качеств и показатели устойчивости движения вагонов электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка», зарегистрированные при движении со скоростью до 60 км/ч на боковой путь стрелочных переводов проектов № 2726 и № 2956.

При движении электропоездов на боковой путь стрелочных переводов с маркой крестовины 1/11 при радиусе переводной кривой, равной 300 м, со скоростью 50 и 60 км/ч поперечные непогашенные ускорения «по колесу» составляют соответственно 0,70 и 0,92 м/с<sup>2</sup> и «по кузову» соответственно 1,10...1,20 м/с<sup>2</sup>. Согласно программе и методике исследования статистическая обработка большинства динамических процессов производилась в диапазоне частот 0...20 Гц. При этом реализации горизонтальных ускорений кузова обрабатывались в диапазоне частот 0,4...10 Гц с целью оценки динамической составляющей ускорений без учета «квазистатической» составляющей, обусловленной действием поперечного непогашенного ускорения.

Таблица 7

**Наибольшие величины динамических показателей электропоездов при движении на боковой путь по стрелочному переводу проекта № 2726**

Table 7

**The highest values of dynamic performance of electric trains during the motion on the side track through turnouts of the project No. 2726**

Показатель, размерность	Скорость движения, км/ч	
	50	60
Отношение динамической составляющей рамной силы к максимальной вертикальной статической осевой нагрузке	0,30/0,20	0,30/0,30
Отношение динамической составляющей вертикальной силы к максимальной статической нагрузке в первой ступени рессорного подвешивания	0,27/0,21	0,27/0,30
Отношение динамической составляющей вертикальной силы к максимальной статической нагрузке во второй ступени рессорного подвешивания	0,08/0,12	0,07/0,19
Вертикальные ускорения кузова, м/с <sup>2</sup>	0,6/0,4	0,9/0,6
Горизонтальные ускорения кузова, м/с <sup>2</sup>	0,5/0,4	1,0/2,0
Горизонтальные ускорения рамы тележки, м/с <sup>2</sup>	4,1/2,6	5,5/3,5

См. примечание к табл. 5.

Таблица 8

**Наибольшие величины динамических показателей ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» при движении на боковой путь по стрелочному переводу проекта № 2956**

Table 8

**The highest values of dynamic performance of EMU EVS “Sapsan” and ES1 “Lastochka” electric trains during the motion on the side track through turnouts of the project No. 2726**

Показатель, размерность	Скорость движения, км/ч	
	50	60
Отношение динамической составляющей рамной силы к максимальной вертикальной статической осевой нагрузке	0,25/0,18	0,27/0,26
Отношение динамической составляющей вертикальной силы к максимальной статической нагрузке в первой ступени рессорного подвешивания	0,25/0,22	0,25/0,31
Отношение динамической составляющей вертикальной силы к максимальной статической нагрузке во второй ступени рессорного подвешивания	0,07/0,17	0,07/0,21
Вертикальные ускорения кузова, м/с <sup>2</sup>	0,7/0,3	0,7/0,5
Горизонтальные ускорения кузова, м/с <sup>2</sup>	0,5/0,5	0,9/1,2
Горизонтальные ускорения рамы тележки, м/с <sup>2</sup>	4,1/2,3	5,7/3,0

См. примечание к табл. 5.

Из рассмотрения показателей динамических качеств вагонов электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка», зарегистрированных при движении на боковой путь скоростного и высокоскоростного стрелочных переводов со скоростью до 60 км/ч, следует, что с увеличением скорости движения от 50 до 60 км/ч эти показатели возрастали незначительно. Исключение составили показатели горизонтальных ускорений

кузова и рамы тележки, которые с увеличением скорости движения от 50 до 60 км/ч возрастали в 1,30...1,39 раза по вагонам как ЭВС «Сапсан», так и ЭС1 «Ласточка». При этом по вагонам электропоезда ЭС1 «Ласточка» наибольшие амплитуды горизонтальных ускорений кузова достигали критериального значения  $2,0 \text{ м/с}^2$ , но не превышали это значение.

Наибольшие величины показателя «отношение динамической составляющей рамной силы к максимальной вертикальной статической осевой нагрузке», характеризующие наряду с показателем «горизонтальные ускорения рамы тележки» устойчивость движения вагонов, при скорости движения 60 км/ч по измерительным стрелочным переводам не превышали 75% критериального значения показателя.

Вертикальные ускорения кузовов вагонов электропоездов при скорости движения электропоездов на боковой путь 60 км/ч не превышали 45% критериального значения показателя.

Таким образом, из условий динамических качеств и устойчивости движения подвижного состава в необходимых случаях могут быть допущены пропуски электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» по диспетчерским съездам, состоящим из стрелочных переводов проектов № 2726 и 2956, на боковой путь со скоростью 60 км/ч.

**Функциональное состояние пассажиров и работников локомотивных бригад.** Анализ данных, полученных для пассажиров и работников локомотивных бригад электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка», не выявил неблагоприятных изменений функционального состояния организма при проведении опытных поездок по измерительным стрелочным переводам со скоростью 50 и 60 км/ч.

Экспериментально получены следующие объективные показатели:

- по уровню шума — при движении электропоезда ЭС1 «Ласточка» по измерительным участкам пути со стрелочными переводами проектов № 2726 и 2956 со скоростью 50 и 60 км/ч значения уровней звукового давления на рабочих местах машиниста и в пассажирских салонах колебались в диапазоне 68 – 73 и 70 – 75 дБ соответственно; при движении электропоезда ЭВС «Сапсан» по измерительным участкам пути со скоростью 50 и 60 км/ч значения уровней звукового давления на рабочих местах машиниста и в пассажирских салонах колебались в диапазоне 70 – 74 и 68 – 79 дБ соответственно;
- по уровню вибраций — при прохождении электропоезда ЭС1 «Ласточка» измерительных участков пути со скоростью 50 и 60 км/ч значения амплитуды вибрации на кресле машиниста и пассажира в зависимости от скорости колебались в диапазоне 0,032 – 0,059 и 0,057 – 0,080 мм соответственно; при прохождении электропоезда ЭВС «Сапсан» по измерительным участкам пути со скоростью 50 и 60 км/ч значения амплитуды вибрации на кресле машиниста и пассажира

в зависимости от скорости колебались в диапазоне 0,010 – 0,042 и 0,045 – 0,073 мм соответственно.

В то же время результаты анализа индивидуальных данных пассажиров электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» указывают на эффект суммации неблагоприятного воздействия комплекса физических факторов на организм человека при движении по измерительным участкам пути со скоростью 60 км/ч. Испытания показали, что при неоднократных поездках с такими скоростями эффект неблагоприятного действия повышенных скоростей движения накапливается. Это выражается в превышении величин показателей сердечно-сосудистой системы физиологических норм (систолического, диастолического и пульсового давления, частоты сердечных сокращений), а также в значимом изменении психофизического состояния в динамике поездки и в нарастании следующих симптомов: чувства тревоги, усталости, укачивания, головной боли.

Анализ результатов опытных поездок показывает, что по комплексу воздействия на пассажиров и работников локомотивных бригад число поездок со скоростью 60 км/ч на боковое направление высокоскоростных стрелочных переводов не должно превышать пяти за час поездки. Нежелательна также более чем десятикратная повторяемость таких воздействий за всю поездку пассажира.

Таким образом, по результатам комплексных физиолого-гигиенических исследований по изучению и оценке в динамике поездки физических факторов производственной среды работников локомотивных бригад и физических факторов среды обитания пассажиров можно сделать вывод о возможности пропуска электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» по скоростным и высокоскоростным стрелочным переводам на боковой путь со скоростью 60 км/ч при обходах участков ремонтных и регламентных работ и нецелесообразность установления такой скорости в качестве постоянно действующей нормы.

**Вывод.** В целом по результатам проведенных исследований можно сделать заключение о возможности движения электропоездов ЭВС «Сапсан» и ЭС1 «Ласточка» на боковой путь по скоростным и высокоскоростным стрелочным переводам со скоростью 60 км/ч на обходах участков выполнения ремонтных и регламентных работ на объектах инфраструктуры скоростных и высокоскоростных линий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. М.: Транспорт, 1986. 559 с.
2. Взаимодействие пути и подвижного состава ЭВС «Сапсан» (проект Velaro RUS) / А. М. Бржезовский [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 1. С. 3–8.
3. Глюзберг Б. Э. Новые стрелочные переводы для линии Санкт-Петербург—Москва // Путь и путевое хозяйство. Взаимодействие колеса и рельса: науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ»/ под ред. М. М. Железнова. М.: Интекст, 2013. 236 с.

4. Бржезовский А. М., Заверталюк А. В., Ромен Ю. С. Нормы допустимого воздействия на путь и методы испытаний подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2015. № 5. С. 40 – 45.

5. Weber H. H. Zur direkten Messung der Kräfte zwischen Rad und Schiene. Elektrische Bahnen. 1959 – 5, S. 93 – 109.

6. Вериго М. Ф. Методическое пособие по применению математической статистики в обработке опытных данных. Новосибирск: МПС, НИИЖТ, 1964. 113 с.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **БРЖЕЗОВСКИЙ Александр Менделович,**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, отделение «Комплексные исследования по взаимодействию пути и подвижного состава», АО «ВНИИЖТ»

### **ГЛЮЗБЕРГ Борис Эйнихович,**

д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией «Стрелочное хозяйство», отделение «Путь и путевое хозяйство», АО «ВНИИЖТ»

### **ТИТАРЕНКО Михаил Иванович,**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Стрелочное хозяйство», отделение «Путь и путевое хозяйство», АО «ВНИИЖТ»

### **ИЛЬИН Илья Евгеньевич,**

заведующий лабораторией «Динамика экипажных частей тепловозов и путевых машин», АО «ВНИИЖТ»

### **ВИКТОРОВ Виктор Сергеевич,**

канд. мед. наук, заведующий лабораторией «Медицинское, психофизиологическое обеспечение безопасности движения и проблем цветового зрения», ФГУП ВНИИЖТ Роспотребнадзора

### **ТУЛУШЕВ Владимир Николаевич,**

канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Медицинское, психофизиологическое обеспечение безопасности движения и проблем цветового зрения», ФГУП ВНИИЖТ Роспотребнадзора

Статья поступила в редакцию 3.03.2016 г., актуализирована 29.04.2016 г., принята к публикации 4.05.2016 г.

## Possibility to increase the speeds of express and high-speed trains by turnouts and connecting tracks

A. M. BRZHEZOVSKIY<sup>1</sup>, B. E. GLYUZBERG<sup>1</sup>, M. I. TITARENKO<sup>1</sup>, I. E. IL'IN<sup>2</sup>, V. S. VIKTOROV<sup>3</sup>, V. N. TULUSHEV<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Joint Stock Company "Railway research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

<sup>2</sup>Joint Stock Company "Scientific Research and Design Technology Institute of Rolling Stock" (JSC "VNIKI"), Kolomna, 140402, Russia

<sup>3</sup>Russian Research Institute of Railway Hygiene (FSUE VNIIZhG Rospotrebnadzor), Moscow, 125438, Russia

**Abstract.** The possibility of increasing motion speeds of express ("Las-tochka") and high-speed ("Sapsan") electric trains by the side direction of express (project 2726) and high-speed railway (project 2956) switches is experimentally investigated. It is caused by need of reduction of delays in train schedule caused by performance of repair and scheduled works on infrastructure facilities of lines.

The basic methodical principle of pilot studies was the integrated approach based on definition of indicators of dynamic qualities and stability of the movement of a rolling stock in a common timepoint (coefficients of dynamic additives on vertical vibrations in steps of spring suspension, frame forces, vertical and horizontal accelerations of bodies of cars), impacts of a rolling stock on rail elements of railway switches (dynamic stresses, side forces), indicators of operability of locomotive crews and comfort of journey of passengers in operational environment.

For the purpose of the broadest coverage of possible versions of handling express and high-speed electric trains on railway switches and connected tracks the objects of research were located in even and odd mouths of the station Chudovo of Oktyabrskaya railway; tested EMU was loaded by load simulators according to the scheme of rated passenger density of population.

Numerical values of specified indicators are given and the basic possibility of the movement of electric trains on railway switches and connecting tracks with the speeds exceeding the existing standards is proved.

By results of tests specific proposals on the updates of the existing normative documents of the Ministry of Transport of the Russia and JSC RZhD regulating operational activity on the lines intended for express and high-speed movement are formulated.

**Keywords:** electric multiple unit; switch; integrated tests; permissible speeds; indicators of dynamic features of rolling stock; impact indicators for rail elements of switches; indicators of physical condition of passengers

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-217-223>

## REFERENCES

1. Verigo M. F., Kogan A. Ya. *Vzaimodeystvie puti i podvizhnogo sostava* [Track and railway vehicle interaction]. Moscow, Transport Publ., 1986, 560 p.

2. Brzhezovskiy A. M., Tolmachev S. V., Arshintsev D. N., Smelyanskiy I. V. *Vzaimodeystvie puti i podvizhnogo sostava EVS "Sapsan" (proekt Velaro RUS)* [Interaction of track and EMU "Sapsan" (Velaro RUS project)]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2012, no. 1, pp. 3 – 8.

E-mail: s\_brz@mail.ru (A. M. Brzhezovskiy)

3. Glyuzberg B. E., Zheleznov M., M. *Novye strelochnye perevody dlya linii Sankt-Peterburg – Moskva* [The new turnouts for the line St. Petersburg – Moscow]. Put' i putevoe khozyaystvo. Vzaimodeystvie koleasa i rel'sa. [Tracks and track facilities. Interaction of wheel and rail]. Nauch. tr. VNIIZhT. [Proc. of the Railway Scientific Research Institute], Moscow, Intext Publ., 2013, 236 p.

4. Brzhezovskiy A. M., Zavertalyuk A. V., Roman Yu. S. *Normy dopustimogo vozdeystviya na put' i metody ispytaniy podvizhnogo sostava* [Norms of permissible impact on the way and test methods for rolling stock]. Zheleznodorozhnyy transport [Railway transport], 2015, pp. 40 – 45.

5. Weber H. H. *Zur direkten Messung der Kräfte zwischen Rad und Schiene*. Elektrische Bahnen. 1959 – 5, pp. 93 – 109.

6. Verigo M. F. *Metodicheskoe posobie po primeneniyu matematicheskoy statistiki v obrabotke opytnykh dannykh* [Guidelines on the application of mathematical statistics in the processing of experimental data]. Novosibirsk, MPS NIIZhT Publ., 1964, 113 p.

## ABOUT THE AUTHORS

### **BRZHEZOVSKIY Aleksander Mendelovich,**

Cand. Sci.(Eng.), Leading Researcher, Department "Integrated research on interaction between track and rolling stock", JSC "VNIIZhT"

### **GLYUZBERG Boris Eynikhovich,**

Dr. Sci.(Eng.), Professor, Head of Laboratory "Turnout facilities", Department "Tracks and track facilities", JSC "VNIIZhT"

### **TITARENKO Mikhail Ivanovich,**

Cand. Sci.(Eng.), Leading Researcher of Laboratory "Turnout facilities", Department "Tracks and track facilities", JSC "VNIIZhT"

### **IL'IN Il'ya Evgen'evich,**

Head of the Laboratory of Diesel Locomotive and On-Track Machine Undercarriage Dynamics of "Infrastructure and Rolling Stock Dynamics and Strength" Department, JSC "VNIKI"

### **VIKTOROV Viktor Sergeevich,**

Cand.tech.sci., Head of Laboratory "Medical, psycho-physiological safety of traffic and color vision problems", FGUP VNIIZhG of Rospotrebnadzor

### **TULUSHEV Vladimir Nikolaevich,**

Cand. Sci.(Med.), Leading Researcher of Laboratory "Medical, psycho-physiological safety of traffic and color vision problems", FGUP VNIIZhG of Rospotrebnadzor

Received 03.03.2016

Revised 29.04.2016

Accepted 04.05.2016