

Общие требования к проектированию высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань



С. В. Шкурников,
канд. техн. наук,
доцент Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



Н. С. Бушуев,
канд. техн. наук,
профессор ПГУПС



В. А. Голубцов,
старший преподаватель
ПГУПС

В результате совместной работы специалистов отраслевых вузов, ведущих научно-исследовательских и проектных институтов страны и иностранных компаний разработаны специальные технические условия по всем объектам инфраструктуры высокоскоростной магистрали. В число основных нормативов входят специальные технические условия «Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/час».

Следуя стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г., Правительство РФ приняло решение о проектировании и строительстве участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростью движения поездов до 400 км/ч (постановление № 5858п-П9 от 30 сентября 2013 г.). В 2013 г. ОАО «Ленгипротранс» выполнило «Обоснование инвестиций проекта «Высокоскоростная железнодорожная магистраль Москва – Казань – Екатеринбург» (ВСМ-2). Участок Москва – Казань. Этап строительства» [1]. Для этого были разрабо-

таны специальные технические условия (СТУ) для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной магистрали (ВСМ) «Москва – Казань – Екатеринбург», согласованные с Госстроем России [2]. Однако для выполнения стадии «Проектная документация» потребовалась более глубокая доработка СТУ.

По итогам конкурса разработка 15 СТУ по всем объектам инфраструктуры ВСМ была поручена ученым и специалистам Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС). К работе был привлечен широкий круг специалистов не только ПГУПС, но и

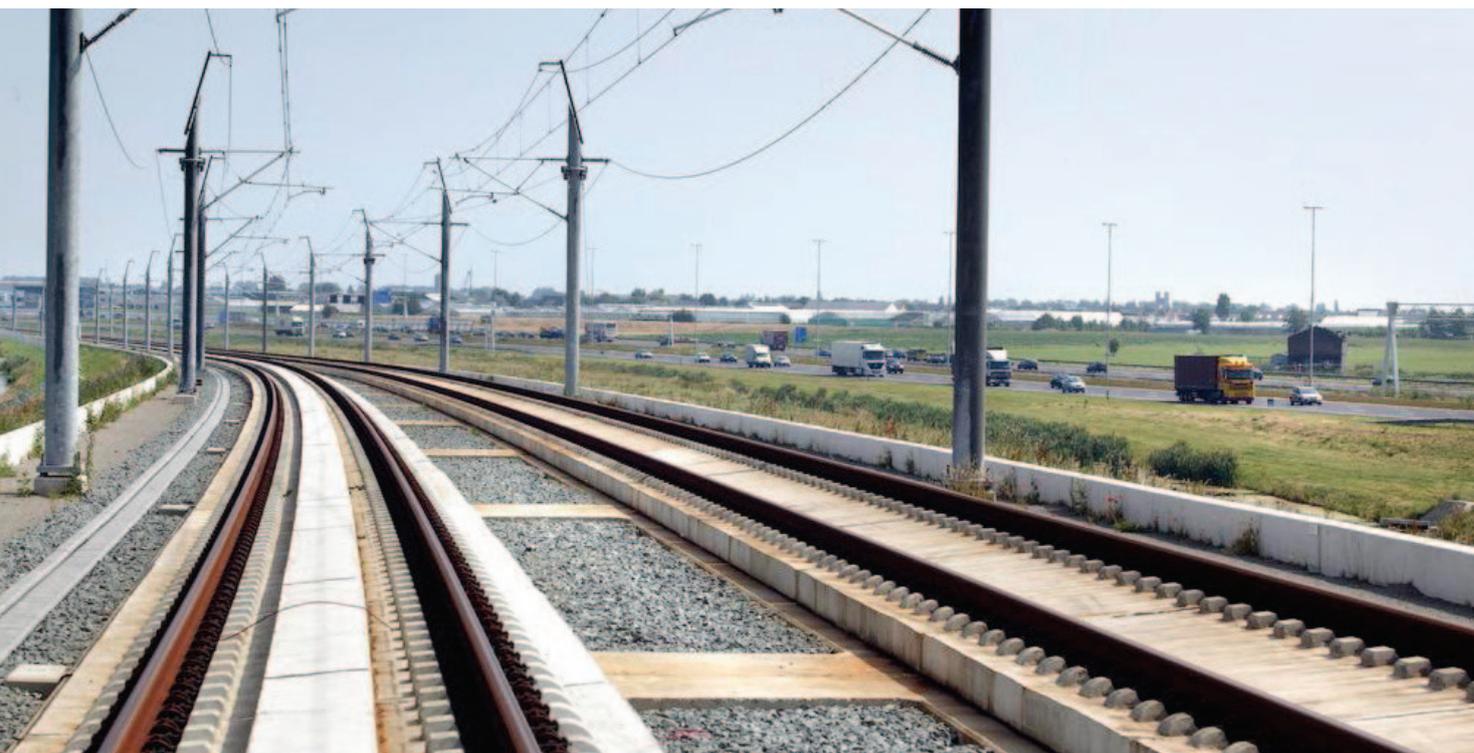


ФОТО: ИГОРЬ КИСЕЛЕВ

Таблица 1. Структура специальных технических условий для проектирования ВСМ

Содержание СТУ-1	СТУ, ключевые материалы которых включены в СТУ-1
Общие положения	
Термины и определения	
Нормативные ссылки	
Габариты приближения строений	
План пути	
Продольный профиль пути	
Земляное полотно	СТУ-3
Верхнее строение пути	СТУ-2
Искусственные сооружения	СТУ-4
Раздельные пункты	
Защита пути и сооружений	СТУ-5
Полоса отвода земель	
Примыкания и пересечения	
Железнодорожное электроснабжение	СТУ-15
Система сигнализации и автоматизированного управления	СТУ-6, 7
Железнодорожная электросвязь	СТУ-8, 9, 10, 11, 13
Комплексная система обеспечения безопасности	СТУ-12
Инженерно-геодезическое обеспечение	
Противопожарные требования	
Охрана окружающей среды	СТУ-14

других вузов отрасли, ведущих научно-исследовательских и проектных институтов страны, а также иностранных компаний. В результате анализа мирового и отечественного опыта строительства ВСМ разработаны СТУ, которые были согласованы в Минстрое России.

В число ключевых нормативов входят СТУ «Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/час». Это нормативно-технический документ, предназначенный для проектирования ВСМ как технологического комплекса, включающего в себя взаимоувязанную совокупность подсистем железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава. В табл. 1 показано взаимодействие данного норматива с другими разработанными документами, общие положения (элементы взаимной увязки) которых вошли в СТУ-1.

СТУ, приведённые в правой части таблицы, разработаны как технические нормы и требования к проектированию и строительству (монтажу) подсистем железнодорожной инфраструктуры для

участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург и имеют следующие названия:

- СТУ-2: Верхнее строение пути;
- СТУ-3: Земляное полотно;
- СТУ-4: Сооружения искусственные;
- СТУ-5: Защитные сооружения и устройства для предотвращения несанкционированного доступа к объектам инфраструктуры;
- СТУ-6, 7: Железнодорожная автоматика и телемеханика;
- СТУ-8, 9, 10, 11, 13: Железнодорожная электросвязь. Проводные сети и системы связи, кабельные линии связи, железнодорожная радиосвязь. Системы информирования пассажиров и оповещения работающих на путях. Проверка действия и контроль параметров поездной радиосвязи и беспроводных систем передачи данных;
- СТУ-12: Обеспечение безопасности движения поездов;
- СТУ-14: Шумозащитные мероприятия;
- СТУ-15: Железнодорожное электроснабжение.

Необходимым условием разработки нормативов являлось то, что в соответствии с техническим заданием параметры, характеристики и нагрузки для проектируемого участка ВСМ представлены в сложных сочетаниях, не имеющих аналогов в мире. Это двухпутная железнодорожная линия колеи 1520 мм, на которой предусмотрено движение высокоскоростных пассажирских поездов до 400 км/ч при максимальной статической нагрузке 17 т/ось (170 кН/ось), совмещённое с движением скоростных региональных пассажирских и специальных грузовых поездов.

В результате предварительного анализа установлено, что осуществление грузовых перевозок на высокоскоростных железнодорожных линиях в большей мере оправдано при меньшей разнице в значениях скорости движения разных категорий поездов и при большем равенстве размеров движения специальных скоростных грузовых и высокоскоростных пассажирских поездов. Очевидно, что к тяговым и ходовым эксплуатационным характеристикам специального грузового состава, обращающегося на ВСМ, должны предъявляться особые требования.

Габарит приближения строений на участках, предназначенных для пропуска высокоскоростных поездов, должен соответствовать специальному очертанию.

Результаты анализа мирового и отечественного опыта приведены в табл. 2 и 3.

В разработанных СТУ расстояния между осями главных путей ВСМ на прямых участках пути с учётом ширины колеи, увеличенного габарита подвижного состава и значений максимальной скорости рекомендуется принимать следующими:

- до 250 км/ч (включительно) – не менее 4100 мм;
- более 250 до 300 км/ч – не менее 4500 мм;
- более 300 до 350 км/ч – не менее 4800 мм;
- более 350 до 400 км/ч – не менее 5000 мм.

В криволинейных участках междупутные расстояния определяются расчётом.

При проектировании ВСМ важны геометрические параметры трассы – плана и продольного профиля. Геометрия плана пути определяется требованиями норм горизонтальных и вертикальных ускорений, в том числе ограничением

Таблица 2. Основные нормы проектирования плана и продольного профиля ВСМ ряда зарубежных стран

Параметры и нормы	Страны ЕС при V_{max}^1 км/ч			Япония при $V_{max} = 210-260$ км/ч	STIs $V_{max} = 350$ км/ч
	250 ¹ (Италия)	300	350		
h_{max} , мм	125	105 ¹ –180	130 ¹ –180	180	200
$a_{в(пс)}$, м/с ²	0,85	0,55–0,84 (0,65–0,97 ²)	0,42–0,73 (0,55)	0,5 (0,7)	0,52 (0,57)
Междупутье, м	4,6 (4,0)	4,2–5,0	4,5–5,0	4,2–4,3	4,5
R_{min} , м	3000	4000–6000 (3200–4800)	6250–7250 (5120–6500)	2500–4000	По расч.
Прямая вставка, м	Нет данных	300–420	350–476	Нет данных	Из усл. comfort.
$i_{p(max)}$, ‰	8	12–40	12–40	12–15	35
Отвод h , мм/м	Нет данных	0,30–0,60 (0,60–0,72)	0,30–0,52 (0,52–0,62)	Нет данных	Из усл. comfort.
f , мм/с	Нет данных	27,0–37,0 (50)	30,0–37,0 (50)	Нет данных	Из усл. comfort.
Ψ , м/с ³	0,33	0,28–0,33	Нет данных	0,14	Из усл. comfort.
a_v , м/с ²	0,16–0,24	0,28–0,58	0,38–0,47	0,34	Из усл. comfort.

Примечания. ¹ Для совмещенного пассажирского и грузового движения. ² При устройстве пути без балласта. Значения в скобках соответствуют трудным условиям.

непогашенных ускорений для специальных грузовых поездов, связанным с износом внутреннего рельса, скорости подъема колеса по отводу возвышения и другими параметрами.

По результатам анализа зарубежного и отечественного опыта, их детального обсуждения с привлечением широкого круга учёных, отечественных и зарубежных специалистов были приняты решения по нормам и параметрам проектирования плана и продольного профиля участка Москва – Казань ВСМ Москва – Казань – Екатеринбург, которые нашли отражение в СТУ [5].

Так, их отличительной особенностью является дискретное изменение нормы непогашенного центробежного ускорения в зависимости от определённого уровня скорости высокоскоростных поездов:

- плюс 0,4 м/с² – для 400 км/ч;
- плюс 0,5 м/с² – для 350 км/ч;
- плюс 0,6 м/с² – для 300 км/ч;
- плюс 0,7 м/с² – для 250 и менее км/ч.

Допустимые поперечные ускорения для промежуточных скоростей движе-

ния высокоскоростных поездов определяются линейной интерполяцией, например:

- 360 км/ч – плюс 0,48 м/с²;
- 320 км/ч – плюс 0,56 м/с².

В связи с организацией на ВСМ в том числе специального грузового движения в соответствии с действующими требованиями необходим учёт отрицательных непогашенных ускорений, предел которых не должен превышать минус 0,3 м/с², в трудных условиях – минус 0,4 м/с².

Соблюдение норм горизонтальных ускорений достигается варьированием радиуса круговой кривой или снижением максимальной скорости движения высокоскоростного поезда.

В документе параметры плана пути и продольного профиля представлены как для перегонов, так и для отдельных пунктов. Чтоб исключить постоянное воздействие на пассажиров вертикальных ускорений и погасить вертикальные колебания подвижного состава, между концами смежных вертикальных кривых продольного профиля устраивают участки пути с постоянным уклоном.

В результате анализа предшествующих СТУ [2] было установлено несоответствие рекомендуемых значений отвода возвышения наружного рельса i , мм/м, и скорости подъёма колеса на возвышение f , мм/с (табл. 3). Это соответствие восстановлено в нормах [5].

В разработанном документе [5], в отличие от всех предыдущих норм, смежные элементы продольного профиля рекомендовано сопрягать вертикальной кривой при любой алгебраической разнице сопрягаемых уклонов, что связано с устройством безбалластного верхнего строения пути на участках движения поездов со скоростями более 200 км/ч.

Для осуществления комплекса технологических операций на проектируемой ВСМ должны размещаться определенные типы отдельных пунктов как для пассажирского, так и для специального грузового движения. В данном СТУ приведены требования к таким отдельным пунктам, а также к примыканиям к ВСМ железнодорожных путей общего и необщего пользования и к пересечениям ВСМ с другими видами транспорта.

Таблица 3. Сопоставительные данные отечественных нормативных документов по плану и продольному профилю высокоскоростных магистралей

Параметры и нормы	СТО РЖД (250 км/ч) [3]	СТУ ВСМ 1 (400 км/ч) [4]	СТУ ВСМ 2 (400 км/ч) [2]	СТУ ВСМ 2 (400 км/ч) [5]
h_{max} , мм	100 (125)	150	150	150
$a_{н(пс)}$, м/с ²	0,7 (1,0)	0,4 (0,7)	0,4	От 0,4 при 400 км/ч до 0,7 при менее 250 км/ч; и – 0,3 для груз. поездов
Междупутье, м	4,1	4,8	От 5000 при 400 км/ч до 4100 при 250 и менее км/ч	От 5000 при 400 км/ч до 4100 при 250 и менее км/ч
R_{min} , м	3700 (3000)	По расч.	По расч.	По расч.
Прямая вставка, м	50	400	400 (300)	400 (300)
$i_{p(max)}$, ‰	Существ.	24	24	24
Отвод h , мм/м	0,50	От 0,5 при 201 км/ч до 0,37 при 400 км/ч	От 0,5 при 201 км/ч до 0,37 при 400 км/ч (не соотв. $f=28$ мм/с)	По расч.
f , мм/с	34,7	По расч. (от 27,9 при 201 км/ч до 41,1 при 400 км/ч)	28	28,0
Ψ , м/с ³	0,40	0,40	0,40	0,40
a_b , м/с ²	0,3	0,39	От 0,3 на выпукл. уч. до 0,4 на вогнут. уч.	От 0,3 на выпукл. уч. до 0,4 на вогнут. уч.

Примечание. Значения в скобках соответствуют трудным условиям.

Для выполнения требований безопасности ВСМ должна быть создана высокоточная координатная система для эффективного получения и использования актуальных и точных геодезических данных при изысканиях, строительстве и последующей эксплуатации сооружений и устройств ВСМ. Нормативные геодезические параметры на основе высокоточной координатной системы приведены в разработанных СТУ.

Высокоскоростная железнодорожная магистраль Москва – Казань – Екатеринбург для совмещённого движения высокоскоростных пассажирских до 400 км/ч и специальных грузовых поездов является уникальным сооружением, не имеющим аналогов в мире и требующим продолжения исследований в части поиска наиболее эффективных решений при реализации смешанного движения. ■

Литература

1. Обоснование инвестиций на сооружение высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург» (ВСМ-2). Участок «Москва – Казань». Этап строительства. Разд. 4 «Организация движения поездов», подразд. 2 «График овладения перевозками». Т. 4.2. СПб.: ОАО «Ленгипротранс», 2014.
2. Специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург». Согласованы Министерством регионального развития РФ (Госстрой) 27.11.2013 г. № 14066-ЕС/03/ГС.
3. Стандарт ОАО «РЖД» «Инфраструктура линии Санкт-Петербург – Москва для высокоскоростного дви-

жения поездов». М.: ОАО «РЖД», 2007.

4. Специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации новой высокоскоростной пассажирской железнодорожной магистрали «Москва – Санкт-Петербург». Согласованы решением Министерства регионального развития РФ от 28.07.2009 г. № 23682-ИП/08.
5. Специальные технические условия «Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч»: решение НТС Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 32 (вх. 59889/МС), согласовано заместителем министра. М., 2014. 69 с.