

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

---

Кафедра «Экономика строительного бизнеса и управление  
собственностью»

В.А. Родченко, Д.С. Зандарашвили

Высокоскоростное железнодорожное движение. Мировой опыт  
и перспективы в России

Учебное пособие

Москва - 2015

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

---

Кафедра «Экономика строительного бизнеса и управление  
собственностью»

В.А. Родченко, Д.С. Зандарашвили

Высокоскоростное железнодорожное движение. Мировой опыт  
и перспективы в России

Рекомендовано редакционно-учебного пособия указаний  
для бакалавров направления “Экономика”, профилей  
“Экономика строительного бизнеса” и “Экономика  
строительства высокоскоростных магистралей”

Москва - 2015

УДК 656.2

Р 60

Родченко В.А., Зандарашвили Д.С. Высокоскоростное железнодорожное движение. Мировой опыт и перспективы в России: Учебное пособие. – М.: МГУПС (МИИТ), 2015. - 116 с.

В учебном пособии рассмотрены актуальные вопросы создания и развития системы высокоскоростного железнодорожного движения в России. Обобщён мировой опыт развития высокоскоростного движения на железных дорогах, выделены особенности и достижения высокоскоростного движения в различных странах, приведены сведения об основных конструктивных и эксплуатационных параметрах высокоскоростных магистралей (ВСМ). Отдельно рассмотрены вопросы коммерческой и социальной эффективности создания ВСМ, возможных вариантов и параметров финансирования их строительства и последующей эксплуатации, влияния ВСМ на развитие регионов и удалённых территорий, возникающих при создании ВСМ внетранспортных, социальных эффектов.

Рецензенты: первый заместитель председателя Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», д.э.н., Д.А. Мачерет; профессор кафедры «Экономическая информатика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения», д. э. н., О.Е. Михненко

©МГУПС (МИИТ), 2015

## **§1 Анализ текущего состояния и этапов развития высокоскоростного железнодорожного движения за рубежом**

Развитие высокоскоростного движения с каждым годом приобретает все более важное значение, как в экономическом развитии, так и в возрождении научно-технического потенциала страны. Высокоскоростные магистрали представляют одну из наиболее существенных технологических инноваций в секторе пассажирского наземного транспорта второй половины XX века.

Высокоскоростные магистрали, начав развиваться в Европе и Японии, пришли в Америку и Азию. В современных условиях они стали «визитной карточкой» высокоразвитых стран.

### **Этапы развития высокоскоростного железнодорожного движения за рубежом**

Развитие высокоскоростного железнодорожного движения началось в Германии, в 1899 году, когда Прусские государственные железные дороги присоединились к десяти электрическим и инженерным фирмам и электрифицировали 72 километра военной железной дороги между Мариенфельде и Цоссен. На линиях использовался трехфазный ток в 10 киловольт и 45 Гц.

Ван дер Зупен & Шарлье из компания «Deutz» построили два вагона: один был оснащен электрооборудования от «Siemens-Halske», а второй оборудованием «Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft» (AEG), которые были протестированы на линии Марианфельде-Цоссен в 1902 и 1903 годах.

23 октября 1903 года вагон оборудованный «Siemens-Halske» достигает скорости в 206,7 км/ч, а 27 октября вагон, оборудованный «AEG» (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft), достигает 210,2 км/ч. Эти поезда продемонстрировали возможность развития высокой скорости с использованием электрического оборудования. Однако регулярными перевозки еще не станут 30 лет. [25]

15 мая 1933 года, компания «Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft» представила дизельный «Fliegender Hamburger» в регулярных перевозках между Гамбургом и Берлином (286 км), тем самым создавая самые быстрые регулярные рейсы в мире, с максимальной скоростью 160 км/ч. Этот поезд имел обтекаемую форму, с мультиприводным блоком, на дизельном топливе, использовались тележки «Jacobs».

После успеха запуска линии в Гамбурге, был разработан паровой поезд Хеншель-Вегманн, который в июне 1936 года пустили на линии Берлин- Дрезден, с максимальной скоростью 160 км/ч.

Дальнейшее развитие позволило использовать «Fliegenden Züge» (летающие поезда) на железнодорожной сети по Германии. Развитие «Diesel-Schnelltriebwagen-Netz» (дизельной высокоскоростной железнодорожной сети) планировалось с 1934, но она так и не достигла своего предполагаемого размера, и в августе 1939 года, незадолго до начала войны, весь высокоскоростной сервис остановился.

26 мая 1934 года, через год после введения «Fliegender Hamburger», на железных дорогах Берлингтона был установлен рекорд средней скорости на большие расстояния с новым поездом – «Зефир», со скоростью в 124 км/ч. «Зефир» был изготовлен из нержавеющей стали, как и «Fliegender Hamburger», работал на дизельном топливе и мог достичь коммерческую скорость в 160 км/ч.

В Америке, в 1935 году компания «Milwaukee Road» внедрила услугу утро «Hiawatha», со скоростью 160 км/ч с использованием паровых локомотивов. Это были последние "высокоскоростные" поезда с использованием энергии пара.[24]

В Италии в 1938 году был разработан поезд «ETR 200», предназначенный для скорости в 200 км/ч, который был запущен по маршруту между Болоньей и Неаполем. Он тоже достигал 160 км/ч в коммерческой эксплуатации, а также установил мировой рекорд скорости в 203 км/ч недалеко от Милана в 1938 году.

В Великобритании в том же году паровоз «Mallard» достигает официального мирового рекорда скорости для

паровозов в 202,58 км/ч. Котлы на пару были большими, тяжелыми и отнимали много времени на обслуживание, уже тогда было очевидно, что дни пара для высокой скорости были сочтены.

В 1945 году испанский инженер, Алехандро Гоикочеча, разработал обтекаемый сочлененный поезд, способный на существующих дорогах развивать более высокую скорость, чем современные ему пассажирские поезда, что было достигнуто путем обеспечения локомотивов и тележек уникальной системой подвески. Среди других преимуществ этого поезда можно отметить достаточно низкий центр масс. Эта система стала известной под названием «Talgo» (Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol) и в течение полувека была главным разработчиком высокоскоростных поездов для Испании.

В начале 1950-х, французские Национальные железные дороги начали получать свои новые мощные «СС 7100» электровозы и начали изучать и оценивать перспективы движения на очень высоких скоростях. В 1954 году электровоз «СС 7121» с полным поездом достиг рекордной скорости в 243 км/ч во время испытания на стандартной дороге. В следующем году, два специально настроенных электровоза, «СС 7107» и прототип «ВВ 9001», побили предыдущие рекорды скорости, достигнув соответственно 320 км/ч и 331 км/ч также на стандартной дороге.[25]

Впервые, порог в 300 км/ч был превзойден, позволяя осуществить идеи развития высокоскоростного движения.

Реализация движения со скоростями выше 300 км/ч потребовала большого объема инженерных исследований. Особое внимание было уделено продольным и поперечным колебаниям вагона. Покачивание тележек на высокой скорости приводит к динамической неустойчивости и потенциальному крушению. Поэтому было принято решение использовать гаситель угловых колебаний, что помогло обеспечивать безопасность при скорости выше 300 км/ч.

Япония в 1950-х была густонаселенной страной с ограниченными ресурсами, которая по соображениям безопасности не хотела импортировать нефть, но нуждалась в

приемлемом способе перевозки между городами своего миллионного населения.

В густонаселенном коридоре Токио-Осака, с населением около 45 миллионов человек, где постоянные заторы на автомобильных и железнодорожных путях сообщения стали серьезной проблемой после Второй мировой войны, японское правительство начало разрабатывать проект нового высокоскоростного железнодорожного сервиса.

Инженеры Японских Национальных железных дорог (JNR) начали изучать перспективы высокоскоростного движения для регулярного внутрирегионального и межрегионального сообщения, привлекая опыт французских разработчиков подобного транспорта.

В 1957 году инженеры частного «Odakyu Electric Railway» в Большой Токийской области запустили «Odakyu 3000» серии SEEMU, установив мировой рекорд скорости для узкоколейных поездов в 145 км/ч. На японских железных дорогах тех лет преимущественно использовалась узкая колея, но повышенная скорость движения требовала её уширения.

Новая высокоскоростная магистраль, названная Синкансэн, строилась на новой ширине колеи, с использованием бесстыкового пути между городами Токио и Осака. Разработанный для этой дороги подвижной состав предназначался для движения на скорости 250 км/ч (в процессе строительства, по требованию финансировавшего проект Всемирного банка, максимальная заявленная скорость была снижена до 210 км/ч). Строительство первого участка линии началось 20 апреля 1959 года.

В 1963 году на построенной магистрали были проведены тестовые испытания и была установлена максимальная скорость в 256 км/ч. Через пять лет после начала строительных работ, в октябре 1964 года, как раз во время Олимпийских игр, была открыта первая современная высокоскоростная железная дорога между двумя городами.

Первые поезда Синкансэн, построенные «Kawasaki Heavy Industries» - на английском языке часто называют «Bullet Trains» (сверхскоростные «поезда-пули»). Они преодолевали

расстояние в 515 км за 3 часа 10 минут, достигая максимальной скорости в 210 км/ч и поддерживая среднюю скорость 162,8 км/ч с остановками в Нагойя и Киото.

Но скорость была лишь частью революции Синкансэн: Синкансэн принёс высокоскоростное железнодорожное движение в массы. Первые поезда состояли из 12 вагонов (более поздние версии имели до 16), а двухэтажные поезда, в дальнейшем, увеличили вместимость. К 1976 году количество перевезенных пассажиров перевалило отметку в миллиард.

В 1972 году линия была продлена еще на 161 км, дальнейшее строительство привело к расширению сети до 2387 км по состоянию на март 2013 года, с перспективой строительства дополнительных 776 км дорог, которые должны открыться в период с марта 2015 до 2035 года

С момента появления, японская система Синкансэн находится под неустанным развитием, не просто увеличивая скорость движения на линии. Десятки моделей поездов были произведены, изучены различные вопросы, такие как аэродинамическое сопротивление, работа линий с низкой пропускной способностью, землетрясения и безопасность от тайфуна, тормозной путь, проблемы из-за снега и потребление энергии (новые модели потребляют на половину меньше энергии, не смотря на большую скорость).

После громких успехов Синкансэн в 1966 году министр инфраструктуры Франции, Эдгар Пизани, инициировал повышение скорости движения до 200 км/ч на маршруте Париж- Тулуза, который был специально переоборудован. В следующем году, в мае 1967 года, было торжественно открыто регулярное сообщение со скоростью в 200 км/ч поездами «TEELE Capitale» между Парижем и Тулузой. [26]

В Соединенных Штатах, сразу после создания в Японии Синкансэн, президент США Линдон Б. Джонсон предложил Конгрессу США искать способ увеличить скорость на американских железных дорогах. В 1965 году был подписан Закон о создании высокоскоростного наземного транспорта, на основании которого была построена линия «Metroliner» между Нью-Йорком и Вашингтоном, открытая в 1969 году. Скорость

движения достигала 200 км/ч, а в среднем 145 км/ч по маршруту.

Великобритания последовала примеру Японии, Франции и США в 1976 году, организовав скоростное железнодорожное движение с использованием дизель-электрических поездов «InterCity 125» (HST). Это были самые быстрые дизельные поезда в регулярных перевозках в мире, достигавшие скорости 200 км/ч.[25]

Через год, в 1977 году, Германия организовала новый сервис высокоскоростного сообщения со скоростью в 200 км/ч на линии Мюнхен – Аугсбург, с использованием поездов TGV.

Работы по строительству первой высокоскоростной линии Рим – Флоренция (Direttissima) в Италии начались еще в 1970-е годы. Магистраль была необходима, так как существующая между двумя крупнейшими городами страны ветка представляла собой извилистую трассу со скоростью движения поездов до 90 – 100 км/ч. Новая линия из-за проблем с финансированием вводилась поэтапно – с 1976 по 1992 гг. В итоге, время в пути между Римом и Флоренцией (расстояние 224 км) сократилось с 3 до 1,5 часов.

В начале 1990-х гг. правительство Италии утвердило амбициозный план создания целой ВСМ в стране. Сеть «Alta Velocita» графически представляет собой букву Т. Верхняя перекладина – ветка Турин — Милан — Верона — Венеция, а ножка — меридиональное направление Милан — Болонья — Флоренция — Рим — Неаполь, в состав которого входит действующая линия «Direttissima». С 1994 года были построены и открыты высокоскоростные линии, связывающие города Турин и Новара, Милан и Тревильо, Падуя и Венеция на оси северо-запад. Открыт участок, построенный в обход Везувия между Неаполем и Салерно. В декабре 2008 года вошла в эксплуатацию линия длиной 182 км Милан — Болонья.

Переломным для ВСМ Италии стал 2009 год. В июле началась эксплуатация участка Болонья — Флоренция, который на 93 % длины проходит в тоннелях через Апеннины. Вслед за ним открылся участок Новара — Милан, а 30 ноября был запущен в эксплуатацию участок длиной 19 км линии Рим —

Неаполь с выходом на линию в Салерно. В декабре 2009 года было завершено строительство коридора «север – юг», связывающего Турин и Милан с Римом и Неаполем. Таким образом, был реализован один из важнейших этапов плана строительства «Alta Velocita».

Стоимость проекта, соединяющего север и юг страны и предусматривающего возведение 661 км высокоскоростных линий, составила 32 млрд. евро. В этот бюджет входили все расходы, включая строительство новых станций, 145 км тоннелей, 94 км мостов, 24 выходов на существующую сеть и 780 км автомобильных дорог (большое число искусственных сооружений обуславливает относительно высокую удельную стоимость высокоскоростных линий в Италии).

Теперь из столицы Италии в ее крупнейший финансово-экономический центр Милан можно добраться всего за 3 часа (раньше время в пути составляло 4,5 часа). Поездку из Турина в Рим и из Милана в Неаполь можно совершить за 4 часа 10 мин. Скоростные экспрессы двигаются по магистралям со скоростью до 280 км/ч. После введения в эксплуатацию коридора «север-юг» пассажиропоток на железных дорогах Италии увеличился на 40%. Эксплуатантом инфраструктуры железных дорог Италии является компания RFI.

На сегодняшний день итальянская железнодорожная компания «Trenitalia» эксплуатирует двухсистемные электропоезда серии «ETR 500» (максимальная скорость 300 км/ч), а также экспрессы «Pendolino» (в том числе новой серии ETR 600), которые отличаются вагонами с наклоняемыми кузовами и достигают скорости 280 км/ч.

Поезда «Pendolino» – итальянская разработка предприятий «Fiat Ferroviaria» в городе Савильяно, но в настоящее время эти заводы и экспрессы принадлежат французской компании «Alstom». Первый «Pendolino» (ETR 401) «встал на рельсы» в 1976 году на линии Рим — Анкона. «Маятниковая» технология – наклон кузовов вагонов – позволяет поездам не снижать скорость на поворотах. Эта разработка стала революционной, она помогла поездам Pendolino завоевать популярность во всем мире

В июне 2011 года у итальянского железнодорожного оператора «Trenitalia» появился конкурент – компания «Nuovo Trasporto Viaggiatori» (NTV). Компания заказала у французского гиганта «Alstom» 25 высокоскоростных электропоездов AGV четвертого поколения, развивающих скорость до 360 км/ч.

На дальнюю перспективу намечена реализация таких международных проектов, как строительство тоннеля длиной 56 км под перевалом Бреннер (Фортецца, Италия — Инсбрук, Австрия). На реализацию масштабного проекта, рассчитанного на 12 лет, потребуется 6 млрд. евро, ЕС уже выделил 900 млн. евро. Тоннель ускорит сообщение между Италией и Германией, особенно в грузовом сообщении. Кроме того, планируется начать возведение высокоскоростной линии между Турином и Лионом (Франция), также с новым тоннелем длиной более 50 км в Альпах.

После поставленного рекорда скорости в 1955, две дивизии SNCF начали изучать высокоскоростное движение. В 1964 году DETMT (отдел SNCF по исследованию бензиновых двигателей) планировал использование газовых турбин: дизельный вагон модифицирован газотурбинами и называется «TGV» (Turbotrain Grande Vitesse). Он развил скорость до 230 км/ч в 1967 году и послужил в качестве основы для будущего «Turbotrain» и современного поезда TGV. В то же время, новый Научно-исследовательский отдел SNCF, созданный в 1966 году, изучал несколько проектов, особенно проект под кодовым названием «C03».[26]

В 1969 году проект «C03» передали государственной администрации, в то время как контракт с «Alstom» был ратифицирован на создание двух газотурбинных высокоскоростных поездов, которые были названы «TGV 001». Он состоял из 5 нераздельных тележек и 2 силовых тележек на обоих концах. Каждая силовая тележка при включении питания питается от двух газотурбинных двигателей. Заметной особенностью является использование тележек «Jacobs», которые уменьшают сопротивление и повышают безопасность.

В 1970 году «Turbotrain» был запущен на линии Париж-Шербур со скоростью движения 160 км/ч, вместо запроектированных 200 км/ч.

В 1971 году проект «С03», в настоящее время известный как TGV «Sud- Est », тестировался со стороны правительства. Проект «С03» подразумевал строительство новой высокоскоростной линии между Парижем и Лионом со скоростью движения поездов в 260 км /ч. В это время, существующая линия Париж- Лион был уже сильно насыщена, требовалось новая линия.[14]

В 1973 существенно повысились цены на нефть и поэтому в 1974 году поезда TGV перешли полностью на электрическую энергию. Электрифицированный вагон был назван «Zébulon» и разработан для тестирования при очень высокой скорости (306 км/ч). Для эксплуатации такого поезда были разработаны пантографы, способные выдерживать скорости свыше 300 км/ч.

После интенсивных испытаний прототип «TGV 001» с газовой турбиной и электрического «Зебулона», в 1977 году, SNCF разместила заказ в Alstom на 87 поездов для «TGV Sud-Est». Они использовали концепцию «TGV 001», в которой использовались 8 вагонов и два электрических силовых вагона по одному на каждом конце.

В 1981 году первый участок новой высокоскоростной линии Париж- Лион был торжественно открыт. Максимальная скорость движения составляла 260 км/ч (позже 270 км/ч). С гораздо большей максимальной скоростью «TGV» дали возможность каждому городу в стране стать ближе к центр, затрачивая намного меньше времени в пути, чем когда-либо. После введения в эксплуатацию поездов «TGV» на некоторых маршрутах пассажиропоток воздушного транспорта заметно снизился, а на других даже исчез, в то же время «TGV» входит в историю развития высокоскоростного движения с многочисленными рекордами скорости:

- в 1981 году был зафиксирован рекорд скорости 380 км/ч;
- в 1990 году -515 км/ч;
- в 2007 году -574,8 км/ч.

После французской TGV, в 1991 году Германия стала второй страной в Европе, которая открыла высокоскоростную железную дорогу, с запуском междугородного экспресса (ICE) на новой высокоскоростной железной дороге Ганновер - Вюрцбург, с максимальной скоростью движения 280 км/ч. Немецкий ICE поезд был собран как TGV, обтекаемой формы с силовыми вагонами на обоих концах и изменяемым количеством вагонов между ними. Это нововведение было результатом десяти лет изучения прототипа поезда «ICE –V», который побил мировой рекорд в 1988 году, достигнув 406 км/ч.

В 1992 году, как раз вовремя Олимпийских игр в Барселоне и в Севилье «Эхро '92», открылась высокоскоростная железнодорожная линия Мадрид-Севилья, которая была электрифицирована переменным током 25 кВт, а также использовался мировой стандарт колеи, в отличие от других испанских линий. Это позволило железным дорогам Испании «AVE» запустить сервис с использованием поездов класса «100», созданных компанией Alstom. Этот сервис стал очень популярным, и развитие высокоскоростного железнодорожного движения продолжилось в Испании быстрыми темпами.

В 2005 году испанское правительство объявило амбициозный план, (РЕИТ 2005-2020) предусматривающий, что к 2020 году, 90 процентов населения будет жить в пределах 50 км от станции, обслуживаемой «AVE» . Испания начала строить самую большую сеть ВСМ в Европе: по состоянию на 2011 год, пять из новых линий открыли:

- Мадрид-Сарагоса-Лерида-Таррагона-Барселона;
- Кордова-Малага;
- Мадрид–Толедо;
- Мадрид-Сеговия –Вальядолид;
- Мадрид-Куэнка –Валенсия.

Еще 2219 км дорог сейчас находятся в стадии строительства.

В 1992 году Конгресс США уполномочил усовершенствовать «Закон о высокоскоростном железнодорожном сообщении» и сосредоточить внимание на

улучшении обслуживания «Amtrak» на отрезке между Бостоном и Нью-Йорком. Основными целями были электрифицировать линии к северу от Нью-Хейвени и заменить 30-летние поезда «Metroliners» на новые поезда, чтобы сократить время в пути.

Так, «Amtrak» начали тестировать два поезда, шведский «X2000» и немецкий «ICE 1», и в том же году полностью электрифицировали участок между Нью-Йорком и Вашингтоном. Чиновники поддержали шведские поезда «X2000», поскольку у них был механизм наклона. Тем не менее, шведский производитель не выполнил условий договора и поэтому был сделан заказ поездов «TGV» компании Alstom и «Bombardier», а дорога была введена в эксплуатацию в декабре 2000 года.

Новый сервис получил название «Acela Express» и связывал Бостон, Нью-Йорк, Филадельфию, Балтимор и Вашингтон. Максимальную скорость 241 км/ч можно было развить лишь на небольшом участке этого маршрута через Род-Айленд и Массачусетс.

В течение четырех десятилетий с момента открытия в 1964 году, японский «Синкансэн» был единственной высокоскоростной железной дорогой за пределами Европы. В 2000-х годах ряд новых высокоскоростных железных дорог появляются и в Восточной Азии.

Строительство высокоскоростной линии в Южной Корее, из Сеула в Пусан, началось в 1992 году и было запущено в 2004 году. Максимальная скорость движения в настоящее время 305 км/ч, при том, что инфраструктура предназначена для скорости в 350 км/ч.[26]

Первоначально, подвижной состав было создан на основе поезда «TGV RESEAU» компании Alstom и был, частично построен в Корее. Внутри страны разработали поезд «HSR- 350х», который достигал 352,4 км/ч на тестовых испытаниях, а также был разработан второй поезд «КТХ Sancheon», который в настоящее время эксплуатируется на корейских высокоскоростных магистралях. Поезд нового же поколения «Нему - 430Х», развил скорость 421,4 км/ч в 2013

году, что делает Южную Корею в мире четвертой страной по максимальной скорости после Франции, Японии и Китая.

В самом конце 1990-х правительство КНР приступило к строительству железных дорог принципиально иного типа — выделенных двухпутных высокоскоростных магистралей, предназначенных исключительно для пассажирского движения и позволяющих разгонять подвижной состав до 350 км/ч.

Первенцем стала Циньшэньская железная дорога, названная так по первым слогам двух крупнейших в северо-восточной части страны городов, которые она соединяла: Циньхуандао и Шэньяня. За четыре года (1999—2003) и \$2 млрд. параллельно старейшей в Китае и крайне загруженной магистрали Пекин — Харбин были построены 405 километров двухпутных и электрифицированных дорог, позволивших организовать высокоскоростное пассажирское движение (первоначально — 200 км/ч, с 2013 года — 300 км/ч) и значительно разгрузить соседнюю дорогу-ветерана.[26]

В 2006—2010 годах работы по строительству высокоскоростных железных дорог значительно активизировались. В основу государственной программы по их возведению была положена формула «4+4». Через всю страну прокладывались восемь новых магистральных коридоров общей протяженностью 12 тыс. километров: четыре по оси «север — юг» и четыре по оси «восток — запад». Новые высокоскоростные трассы изначально создавались автономными от железных дорог, построенных ранее, и предназначались исключительно для пассажирского движения.

Новые магистрали со скоростью движения до 350 км/ч должны были соединить между собой крупнейшие города страны и образовать единую сеть еще не виданных миром масштабов: дороги Пекин — Харбин (1700 км), Пекин — Шанхай (1433 км), Пекин — Гонконг (2230 км), Шанхай — Ченгду (2078 км), Шанхай — Куньмин (1495 км) и другие с многочисленными второстепенными ответвлениями. Поразительнее всего тот факт, что большая часть этой грандиозной работы была осуществлена всего за 8—10 лет.

Столицу страны соединили с крупным северокитайским мегаполисом Харбином (с отдельной веткой до порта Далянь — бывшего российского города Дальний) всего за 7 лет (2007—2014). Высокоскоростную магистраль почти в 1,5 тыс. километров между Пекином и Шанхаем закончили за 4 (!) года (2008—2012). Важнейший «вертикальный» коридор из Пекина к Гонконгу (через Гуанчжоу и Шэньчжэнь), строительство которого началось в 2005 году, должны открыть в 2016-м, причем почти вся 2200-километровая дорога уже построена — «поезда-пули» ходят в соседний с Гонконгом Шэньчжэнь.

На стоимость работ китайское правительство традиционно не обращает особенного внимания. По оценкам экспертов, за 11-ю пятилетку (2006—2010) только в высокоскоростные магистрали китайские государственные банки и Министерство путей сообщения вложили около \$150 млрд, а за 12-й пятилетний план (2011—2015) на эти же цели будет потрачено еще \$430 млрд. — астрономические суммы, за которые можно на корню скупить всю экономику иных процветающих центрально-европейских стран. [33]

К высокоскоростным магистралям (ВСМ) предъявляются очень жесткие инженерные требования. Они нуждаются в особом бесстыковом рельсовом полотне и отсутствии пересечений с прочими автомобильными и железными дорогами. В связи с этим практически все ВСМ Китая построены на огромных по протяженности виадуках, колонны которых уходят порой на 80-метровую глубину — по технологии они должны опираться на скальное основание.

Такие виадуки, по сути, являются мостами-путепроводами, и благодаря им Китаю принадлежит первенство в топе самых длинных мостов мира. Даньян-Куньшаньский виадук, часть ВСМ Пекин — Шанхай со своей 165-километровой длиной (из которых 9 километров проложено прямо над озером Янчэн) — абсолютный мировой лидер.



**Рис. 1 Даньян-Куньшаньский виадук**

На втором месте — Тяньцзиньский виадук на той же магистрали. Его протяженность составляет 114 километров — практически все расстояние между Пекином и Тяньцзинем.

Подвижной состав для первых скоростных дорог Китая поставляли проверенные производители из Европы, Северной Америки и Японии: Bombardier, Alstom, Siemens, Kawasaki. Однако необходимым условием получения ими многомиллиардных контрактов (количество поставляемых составов измеряется тысячами) являлась последующая передача КНР технологии производства поездов и локализация его в Китае.

Операция «Как получить заморские передовые технологии и не тратить на них деньги впоследствии, оставляя их в стране» была осуществлена Министерством путей сообщения КНР чрезвычайно элегантно. В настоящее время производство всего подвижного состава для высокоскоростных магистралей, в том числе уже полностью разработанного китайскими инженерами, осуществляется на местных предприятиях. Более того, подобная технологичная продукция «Made in China» уже экспортируется в различные страны мира

Параллельно со строительством собственно ВСМ в Китае развернулось возведение и новых вокзалов для них. На

окраинах практически всех крупных городов страны появились огромные комплексы, зачастую спроектированные мировыми архитектурными звездами первой величины. Первенцем здесь стал вокзал, построенный в 1996 году для крупнейшей в Азии железнодорожной станции «Пекин-Западный». Колоссальных размеров здание в национальном стиле, обслуживающее не только высокоскоростные, но и традиционные поезда, обошлось в \$750 млн.

Впоследствии национальные мотивы в проектировании новых вокзальных комплексов продолжили активно использоваться, но уже в куда более современной обработке из стекла и стали.

В 2004 году в Китае открылась и первая в мире коммерческая линия маглева, построенная по купленной в Германии технологии Transrapid. Всего за три года и \$1,2 млрд немецкие специалисты возвели магистраль между окраиной шанхайского района Пудун и одноименным международным аэропортом города. Поезд на магнитной подушке, как будто пришедший из фантастических фильмов, преодолевает расстояние в 30,5 километра за семь с половиной минут, разгоняясь в пути до скорости 431 км/ч.

Впрочем, эксперимент был признан не слишком удачным. Стоимость проезда оказалась слишком высокой, а удобство передвижения — условным. Станция шанхайского метро, где расположен вокзал маглева, находится слишком далеко от центра города. В среднем составы линии заполняются лишь на 20%, что делает ее окупаемость проблематичной. Первоначальные планы продления маглева до города Хучжоу с общей протяженностью ветки в 175 километров постоянно откладываются. Похоже, руководство китайских железных дорог сделало выбор (по крайней мере, на данный момент) в пользу более традиционных способов высокоскоростных перевозок.

Впрочем, несмотря на дороговизну и связанные с освоением крупных бюджетов преступлениями, значение программы строительства высокоскоростных железных дорог для Китая сложно переоценить. Масштабные работы по их

возведению (впрочем, как и другие крупные строительные проекты в стране) стали локомотивом местной экономики, постоянно ее разогревающим. Сотни тысяч новых рабочих мест, бурный рост металлургии, производства цемента, создание новых современных предприятий — щедрые инвестиции государства позволяют поддерживать высокие темпы экономического роста.

Новая сеть железнодорожных магистралей фактически выступает и в роли объединяющего страну фактора. Труднодоступные ранее для большинства населения регионы становятся все ближе друг другу, а строительство ВСМ в далекие Тибет или Синцзян-Уйгурский автономный округ становится стратегически важным для государства мероприятием, ослабляющим местные сепаратистские настроения.

Время в пути сокращается кардинально. Самый быстрый «традиционный» поезд Пекин — Шанхай сейчас находится в пути около 10 часов, тогда как современный высокоскоростной — лишь 4—5. Если раньше путешествие между мегаполисами-соседями Пекином и Тяньцзинем занимало 70 минут, то сейчас — всего лишь полчаса и так далее. Цель китайского правительства («население быстрее передвигается, товары быстрее расходятся») успешно достигнута.

Новые ВСМ, куда была перенесена значительная часть пассажирского трафика, существенно разгрузили «старые» железные дороги, освободив их для более прибыльных грузовых перевозок. Их объемы выросли, что, опять же, с удовольствием было воспринято китайской экономикой.

В настоящее время общая протяженность сети высокоскоростных магистралей в Китае составляет 15 тыс. километров, и почти все они возведены с 2006 года. К концу 2015-го будут построены еще 3 тыс. км, а к 2020-му скоростная пассажирская транспортная сеть в Китае составит более 50 тыс. км, объединив все областные центры и города с населением свыше 500 тыс. человек.

## **Высокоскоростная сеть железных дорог в Японии**

### **Общая информация**

«Синкансэн» («новая магистраль») — высокоскоростная сеть железных дорог в Японии, предназначенная для перевозки пассажиров между крупными городами страны. Принадлежит компании Japan Railways. Первая линия с 17 станциями была открыта между Осакой и Токио в октябре 1964 года, к летней Олимпиаде. Также поезда Синкансэн называют «поезд-пуля».

«Синкансэн» (Shinkansen) в буквальном переводе с японского — «новая магистральная линия» — это общее название высокоскоростных железных дорог, соединяющих важнейшие города Японии. «Новой линией» эта дорога была названа потому, что японские строители впервые при прокладке «Синкансэн» отошли от практики узкоколеек — стандартная ширина колеи стала 1435 мм. До этого вся японская железнодорожная сеть была узкоколейной (ширина колеи — 1067 мм).

Первоначально линии «Синкансэн» были предназначены для круглосуточных пассажирских и грузовых перевозок. В настоящее время обслуживают только пассажиров, а также ночью все линии «Синкансэн» закрываются с 0:00 до 06:00 утра для проведения обслуживания. В это время продолжают работать обычные поезда, которые идут практически параллельно линиям «Синкансэн».

Первый участок «Синкансэн» Токио-Осака («Токайдосинкансен») длиной 515 км был открыт в 1964 г., накануне открытия XVIII летней Олимпиады в Токио. Не смотря на то, что исходные позиции, с которых начинала свой послевоенный разбег Япония, были весьма неблагоприятными - в начале 1946 г. уровень промышленного производства составлял 14% от среднего предвоенного уровня - первая в мире высокоскоростная железная дорога была построена в Японии. Первые поезда развивали скорость 220-230 км/ч. Сейчас этот показатель давно перекрыт, но для своего времени это был безусловный рекорд. Сейчас скоростные поезда — это такой же

символ современной Японии, как и качественная электроника, надежные и долговечные автомобили.

В 1972 г. участок Токио-Осака был продлён на 160 км до г. Окаяма, а в 1975 г. на 393 км до станции Хаката в г. Фукуока на о. Кюсю. Поезд «Хикари» («Свет»), местами разгоняющийся до 210 км/ч, преодолевает 1068 км между Токио и Хаката менее чем за 7 часов.

В 1982 г. вступили в строй ещё 2 линии, ведущие из Токио в г. Ниигата (линия «Дзёэцу», 270 км) и в г. Мориока (линия «Тохоку», 465 км). Скорости на них достигают 240 км/ч, а на одном из участков даже 274 км/ч. На линиях магистрали поезда проходят черед многочисленных туннелей, в том числе и подводный туннель под проливом Симоносеки между островами Хонсю и Кюсю. Максимальная скорость поездов на старых участках магистрали — 210 км/ч, а на более новых — 260 км/ч. «Поезд-пуля» нередко «летает» со скоростью 300 км, что сопоставимо с показателями высокоскоростных магистралей TGV во Франции и ICE в Германии.



**Рис 2. Схема высокоскоростного движения в Японии**

Строительство многих линии «Синкансэн» было предложено ещё в начале бума 1970-х годов, но они до сих пор не построены.

Тюо-синкансэн (Токио-Нагоя-Осака) является запланированной линией Маглев. «JR Central» объявила об установленном сроке постройки — 2025 год, кроме короткого экспериментального участка, строительство ещё не началось.

### **Подвижной состав**

Электропоезд серии E2 сети «Синкансэн», строившийся для японской сети высокоскоростных железных дорог «Синкансэн» с 1995 по 2005 год, состоит из шести моторных и двух прицепных головных вагонов. Конструкционная скорость — 315 км/ч. Ускорение при трогании поезда на площадке — до  $0,45 \text{ м/с}^2$ . Расчётная скорость при подъеме 3 ‰ равна 300 км/ч, а в тоннеле на подъеме 30 ‰ — не ниже 170 км/ч. Осевая нагрузка при нормативном заполнении вагонов пассажирами не превышает 13 тонн на ось. Малая осевая нагрузка достигнута тем, что для изготовления кузова применён алюминий, точнее профили из экструдированного алюминия.

Форма кузова электропоезда, а в особенности головных вагонов выполнена так, что создаются наиболее благоприятные условия по обтекаемости поезда, уменьшается аэродинамическое сопротивление и шум. При проектировании были учтены случаи встречи двух поездов на перегоне и в тоннеле. Снижению шума и сопротивления воздуха способствуют плавные изменения поперечного сечения кузова в переходе от носовой части к основной, отсутствие выступов и углублений у окон и дверей.



**Рис 3. Высокоскоростной поезд серии N700**

Электропоезд серии N700 сети «Синкансэн» — высокоскоростной японский электропоезд, разработанный совместно компаниями «JR Central» и «JR West» для использования на линиях Токайдо и Саньё. Испытания опытного образца поезда начались 10 марта 2005 года, в эксплуатацию введён 1 июля 2007 года.

Расстояние между Токио и Осакой (515 км) N700 преодолевает менее чем за 2,5 часа.

Поезда N700 развивают скорость до 300 км/ч, а возможность наклона позволяет сохранять скорость 270 км/ч на кривых радиусом до 2500 м, на которых ранее допускалась скорость в 255 км/ч. Другой особенностью N700 является то, что он ускоряется быстрее, чем другие поезда Синкансэн, с ускорением 2,6 км/ч/с, что позволяет достигать скорости 270 км/ч всего за 3 минуты.

Использование технологий синкансэн не ограничивается только Японией.

На Тайваньской высокоскоростной железной дороге работает поезд серии 700T, построенный «Kawasaki Heavy Industries».

На Китайской железной дороге работает поезд CRH2, построенный «CSR Sifang Loco&Rolling Stocks Corporation» с получением лицензии от «Kawasaki Heavy Industries», «Mitsubishi Electric Corporation» и «Hitachi». Его конструкция тесно связана с поездом серии E2.

В настоящее время Япония предлагает свои технологии правительству Бразилии для использования в планируемой системе высокоскоростных железных дорог на линии Рио-де-Жанейро — Сан-Паулу — Кампинас.

Федеральное управление железных дорог США ведет переговоры с рядом стран, обладающих высокоскоростными железными дорогами (такими как Япония, Франция и Испания) о возможности поделить свой опыт в этой области с США и Канадой.

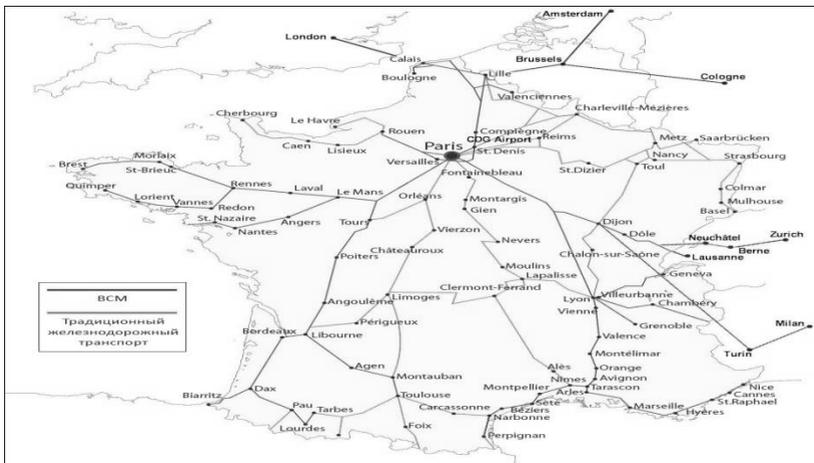
1 июля 2009 председатель «Central Japan Railway Company» Есиюки Касаи объявил о возможных планах экспортировать поезда серии N700 на международный рынок.

Вьетнамские железные дороги рассматривают использование японских технологий для высокоскоростного железнодорожного сообщения между двумя крупнейшими городами страны: Ханоем и Хошимин. Вьетнам надеется на запуск скоростных поездов к 2020 году.

### **Французская сеть высокоскоростных магистралей Общая информация**

TGV (сокр. фр. Train à Grande Vitesse — скоростной поезд) - французская сеть скоростных электропоездов, разработанная GEC - Alstom (ныне Alstom) и национальным французским железнодорожным оператором SNCF (фр. Société Nationale des Chemins de fer Français, Национальная компания французских железных дорог). В настоящее время управляется SNCF.

Сегодня сеть TGV охватывает города на юге, западе и северо-востоке Франции. Некоторые соседние страны, в том числе Бельгия, Италия и Швейцария, построили свои линии TGV и подключили их к французской сети. В Германии и Нидерландах действует аналогичная и совместимая с TGV железнодорожная сеть Thalys, а в Великобритании — Eurostar. Планируется строительство новых линий в самой Франции и соседних странах.



**Рис. 4** Схема сети высокоскоростных магистралей во Франции

Поезда TGV способны двигаться со скоростями до 320 км/ч — это стало возможным благодаря строительству специальных железнодорожных линий без малых радиусов кривых. Поезда оснащены мощными тяговыми двигателями, сочленёнными вагонами, облегчёнными тележками, а также устройствами автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), благодаря которой машинисту не требуется высматривать сигналы светофоров на больших скоростях. Поезда TGV производит фирма Alstom, с использованием отдельных узлов фирмы «Bombardier». За исключением небольшой серии TGV, используемой для почтового сообщения между Парижем и Лионом, TGV служит для пассажирских перевозок.

TGV является достаточно безопасным видом транспорта: за всё время эксплуатации не было зарегистрировано ни одного случая гибели людей в результате происшествий, случившихся на скоростных линиях (за исключением столкновения с грузовиком в 1988 году).

## Технические характеристики поездов TGV

TGV в основном использует специально построенные пути, называемые LGV— это является принципиальным моментом всей системы, так как линии специально созданы для движения на скоростях более 300 км/ч. В то же время, широко используются и обычные пути.

В отличие от обычных поездов, в поездах TGV одна колёсная тележка на два вагона. Такая конструкция необходима для того, чтобы в случае схода поезда с рельсов он не смог перевернуться и для предотвращения эффекта телескопичности (вагоны входят друг в друга при лобовом столкновении поезда, нанося серьёзные повреждения пассажирам). Также с помощью этого механизма сила трения колёс и рельс уменьшается почти в два раза. Собственную тележку имеют только головной и хвостовой вагоны.

Поезда TGV формируются из головных моторных вагонов (оснащённых тяговыми электродвигателями) и промежуточных прицепных. Например, составы TGV POS могут быть сформированы из двух головных моторных вагонов и определённого числа (до 8) прицепных. Формирование более коротких составов позволяет получить более высокую тяговую вооружённость составов, что, в свою очередь, позволяет увеличить ускорение при разгоне и максимальную скорость состава.

Вагоны поездов спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать взаимозаменяемость и формирование составов из вагонов разных серий. Например, вагоны из состава TGV POS могут быть сцеплены с вагонами TGV Réseau, Duplex, Thalys РВКА.

Подвижной состав TGV отличается от других типов поездов полужёсткой сцепкой вагонов. Тележки расположены между вагонами, таким образом, вагон поддерживается с обеих сторон, деля каждую из двух тележек с соседним вагоном. У каждого головного вагона имеются две собственные тележки. Выгода данных сцепов состоит в том, что в случае крушения головной вагон первым сходит с рельсов и далее движется

самостоятельно, в то время как пассажирские вагоны, как правило, с рельсов не сходят и сохраняют вертикальное положение. Обычные поезда в таких случаях, как правило, складываются «в гармошку» или опрокидываются.



**Рис 5. Высокоскоростной поезд компании Alstom “AGV”**

Недостаток таких сцепов заключается в очень сложной процедуре формирования состава. Если головные вагоны можно легко отцепить по стандартной процедуре, то для расформирования сцепов в середине состава требуется специально оборудованное депо, в котором весь сцеп приподнимается над рельсами. После расцепления вагон остаётся без тележки с одной из сторон, и вместо неё требуется специальная замещающая рама.

SNCF владеет железнодорожным парком, состоящим, примерно, из 400 составов TGV. Сегодня эксплуатируется шесть основных модификаций TGV, и седьмой тип, TGV POS, в настоящее время проходит испытания.

Все TGV являются, по меньшей мере, двухсистемными: это означает, что их можно эксплуатировать как на новых линиях (в том числе скоростных LGV), где используется переменный ток (25 кВ, 50 Гц), так и на старых линиях с постоянным током 1,5 кВ — это так называемые «lignes classiques» (обычные линии), которых особенно много в окрестностях Парижа. Поезда, которые пересекают границу с Германией, Швейцарией, Бельгией, Нидерландами и Великобританией должны также поддерживать иностранный

стандарт напряжения сети. Так появились трёхсистемные и даже четырёхсистемные TGV. [15]

Все поезда TGV оснащены двумя видами токоприемников (типа полупантограф), один для постоянного и другой для переменного тока. Кроме того, полоза этих токоприемников имеют разную ширину, которая учитывает ширину зигзага контактной сети в разных странах.

До пересечения границы между двумя системами питания, включается специальная система оповещения, установленная в кабине, которая напоминает машинисту о том, что ему необходимо отключить подачу энергии к тяговым электродвигателям, затем опустить пантографы, переключить систему напряжения на панели управления и снова поднять пантографы. Как только автоматика определяет, что на подвижной состав подано требуемое напряжение, на панели загорается специальный индикатор, разрешающий машинисту снова включить тяговые электродвигатели. Через границу систем электропитания поезд должен проезжать с выключенными двигателями.

Таблица 1.

Характеристика поездов TGV.

Тип поезда	Годы производства	Макс. скорость, км/ч	Вместимость, мест	Общая длина, м	Вес, т
TGV Sud-Est	1978-1985	270 км/ч до модернизации, 300 км/ч после модернизации	345	200,2	385
TGV La Poste (почтовый)	1978-1985	-	-	-	-
TGV Atlantique	1988-1992	300 км/ч	485	237,5	444
TGV Réseau	1993-1996	300 км/ч	377	200	383
Eurostar (TGV TMST)	1993-1994	300 км/ч	794	393,7	752
TGV	1996-2002	320 км/ч	512	200	380

<b>Duplex</b>					
<b>Thalys PBKA</b>	1996-1997	300 км/ч	377	200	385
<b>TGV POS</b>	2004-н.в.	320 км/ч	377	200	383

Поезда типа TGV Sud-Est (Юго-восток) были созданы для эксплуатации на первой одноимённой скоростной линии Париж — Лион. Всего с конвейера было выпущено 107 пассажирских составов этой модели. Кроме того, было создано два укороченных состава для перевозки почты между Парижем и Лионом. От обычных поездов они отличаются отсутствием сидений и окраской в жёлтый цвет.

Стандартная комплектация составов такого класса: два головных и восемь пассажирских вагонов. Общая вместимость — 345 мест.

Первоначально конструкционная скорость поездов этого типа составляла 270 км/ч, но впоследствии большая часть составов была модернизирована до 300 км/ч в преддверии открытия новой линии LGV Средиземноморье.

TGV Atlantique строились для эксплуатации на новой скоростной линии LGV Атлантика. На новую модель было решено установить более мощные двигатели, колёса большего диаметра, а также улучшить аэродинамику и тормозную систему. В стандартный состав поезда входит два головных и десять пассажирских вагонов.

Модифицированная модель TGV Atlantique 325 в 1990 году установила мировой рекорд скорости на только что построенной и ещё не открытой линии LGV, разогнавшись до 515 км/ч.

Первые составы TGV Réseau начали эксплуатироваться в 1993 году. Стандартный состав поезда: два головных и восемь пассажирских вагонов. Составы для Бельгии были специально переоборудованы для соответствия бельгийским ограничениям нагрузки на ось (17 тонн) — для этого стальные элементы кузова вагонов были частично заменены алюминиевыми.

Поезд Eurostar, по существу, является удлинённым TGV, приспособленным для эксплуатации в Великобритании и Евротоннеле. В число различий входит меньший профиль,

удовлетворяющий британским габаритным стандартам, созданные в Великобритании асинхронные тяговые двигатели и улучшенная система пожаробезопасности на случай возгорания в тоннеле.

По британской классификации TOPS поезд носит наименование Class 373 EMU. Поезд был спроектирован фирмой GEC-Alsthom (ныне Alstom).

Существует два типа составов:

- «Eurostar Three Capitals» (Три столицы) состоит из двух головных и восемнадцати пассажирских вагонов с двумя дополнительными моторными тележками;
- «Eurostar North of London» (Север Лондона) состоит из 14 пассажирских вагонов. Составы обоих типов состоят из двух частей, несочленённых в середине, то есть в случае поломки или чрезвычайной ситуации в Евротоннеле половину поезда можно отцепить, чтобы та своим ходом покинула тоннель. Каждая такая половинка состава имеет свой номер.

Все составы Eurostar являются трёхсистемными или четырёхсистемными и приспособлены для работы на линиях LGV с переменным током (включая линию в Евротоннеле и стандартные линии в Великобритании), бельгийских линиях с постоянным током и британских системах с третьим рельсом, распространённых на юге страны.

Составы «Eurostar North of London» никогда не использовались для международных перевозок: на них возят пассажиров от Лондона к городам севернее столицы, однако данные перевозки в настоящее время не приносят прибыли, так как британские авиаперевозчики договорились о сокращении цен на билеты. Часть составов были отданы в аренду компании «Great North Eastern Railway» для пассажирских перевозок на линии «White Rose» между Лондоном и Лидсом.[15]

TGV Duplex был разработан, чтобы повысить объём перевозок без увеличения количества составов и вагонов в каждом поезде. Пассажирские вагоны TGV Duplex имеют два этажа, с входной дверью на нижнем уровне, что особенно удобно, так как во Франции все платформы на станциях низкие. На второй этаж ведёт лестница; проход между вагонами

находится на верхнем уровне. При одинаковой длине составов, вместимость Duplex на 45 % больше, чем у TGV Réseau. На таких оживлённых направлениях как Париж-Марсель TGV Duplex пускают парами, что позволяет увеличить вместимость одного поезда до 1 024 человек.

Экспериментальный поезд, сформированный в 2007 году из головных вагонов поезда TGV POS № 4402 и трёх прицепных (пассажирских) вагонов TGV Duplex, совершил ряд опытных поездок на трассе LGV-Восток в период с 15 января по 15 апреля со скоростями порядка 500 км/ч. Один из пассажирских вагонов был оборудован как лаборатория, на поезде были установлены более 600 различных датчиков. Для обеспечения большей мощности напряжение в контактной сети при испытаниях поезда было увеличено с 25 до 31 кВ. В ходе испытаний 3 апреля 2007 года был установлен мировой рекорд скорости для рельсовых поездов — 574,8 км/ч.

### **Технические характеристики трассы LGV для высокоскоростного сообщения**

Для TGV строятся специальные выделенные трассы — LGV (*ligne à grandevitesse*, скоростная линия), которые позволяют этим поездам двигаться со скоростью до 320 км/ч. Первоначально планировалось, что LGV вообще не будут иметь ограничений по скорости, но впоследствии был установлен предел в 250 км/ч, который сейчас доведён до 320 км/ч. TGV могут двигаться и по обычным железнодорожным линиям, где скорость ограничена до 220 км/ч. Возможностью использования существующей железнодорожной инфраструктуры, в том числе вокзалов, TGV выгодно отличаются от маглевов и скоростных поездов других систем. Благодаря совместимости колеи с обычными линиями, TGV обслуживают более 200 направлений во Франции и за её пределами.

LGV, в целом, сходны с обычными железнодорожными линиями, но у них имеется ряд ключевых особенностей.

Можно выделить следующие особенности трасс LGV:

- Радиус кривых на LGV составляет более 4000 м (6000 м на новых скоростных линиях).
- Горизонтальный профиль путей LGV может быть гораздо больше, чем обычных железнодорожных путей (очень высокая кинетическая энергия, набранная поездом, позволяет ему заезжать на большие уклоны без большого урона его энергопотреблению, а также ехать вниз по уклону по инерции). Уклон достигает 35 ‰ (пересечение горного массива Морван фр. Morvan), на линии Кёльн-Франкфурт он достигает до 40 ‰.
- Межосевые расстояния путей увеличены (до 4,2 — 4,5 м), для предотвращения негативного влияния аэродинамических эффектов, возникающих при разъезде встречных поездов.
- Тоннели, через которые проходит LGV, должны быть специально спроектированы (особенно на въезде и выезде) для минимизации эффектов аэродинамического давления.
- Используется специальная система дорожной сигнализации, т. к. использование обычной системы светофоров не представляется возможным (машинистам трудно видеть сигналы на высокой скорости).
- Пути огорожены, для предотвращения столкновений с животными и т. п.
- Используются специальные звукопоглощающие экраны, установленные в местах, где поезда проходят через населённые пункты.
- Мощность каждого двигателя постоянного тока, встроенного в тележку — 1100 киловатт (около 1500 л. с.). Общая мощность поезда — 12 200 киловатт (около 16 000 л. с.).

Выправка пути на LGV должна быть более точной, чем на обычных линиях, и поэтому гравийный балласт укладывается на большую глубину: это позволяет повысить нагрузку на рельсы и стабильность пути. Кроме того, на трассах LGV более часто уложены шпалы. На LGV используются только бетонные шпалы (моноблочной или двублочной конструкции), но в последнее время часто применяются шпалы из двух бетонных блоков, соединённых стальным брусом. На шпалы кладутся рельсы тяжёлого типа с большей вертикальной жёсткостью. На

линиях LGV используется бесстыковой путь, что уменьшает вибрацию и шум.

На линиях LGV используется стандартная европейская колея в 1435 мм. К примеру, на скоростных железнодорожных линиях в Японии и Тайване используется та же колея, но она шире обычной для этих стран колеи в 1067 мм, что изолирует скоростные линии от остальной дорожной сети. И, наоборот, в Испании, где стандартная колея составляет 1674 мм, при проектировании скоростных линий было принято решение строить их с более узкой европейской колеёй, чтобы имелась возможность соединить свою сеть скоростных поездов с сетью TGV.

На линиях LGV действует ограничение на минимальную скорость. Иными словами, поезда, неспособные развивать большие скорости, не должны использовать LGV, которые предназначены только для скоростного пассажирского сообщения. Главная причина введения таких ограничений в том, что пропускная способность трассы резко сокращается при использовании поездов с разными скоростями. Использовать скоростные трассы для грузовых перевозок опасно, поскольку груз на большой скорости может потерять устойчивость из-за турбулентного потока и слететь с платформы. Кроме того, грузовой подвижной состав сильнее разбивает путь, ввиду больших осевых нагрузок и жестких тележек. Медленные поезда не могут использовать скоростные трассы даже ночью, потому что в это время на линии проводится плановое обслуживание.

Кроме того, резкие уклоны, встречающиеся на линиях TGV, серьёзно ограничивают максимальный вес медленных грузовых поездов. Медленные поезда также требуют меньшего поперечного наклона пути в кривой: таким образом, чтобы этими линиями смогли пользоваться как обычные поезда, так и TGV, пришлось бы строить линии с ещё большими радиусами поворотов. Из-за дороговизны, технических ограничений и соображений безопасности грузо-пассажирское сообщение крайне редко встречается на LGV. Исключение составляют мало используемые участки скоростных линий, такие как ветка до

Тура линии LGV Атлантика и ветка Ним - Монпелье LGV Средиземноморье.

Линии LGV электрифицированы. Вдобавок к ограничениям, связанным с заправкой, дизельные двигатели не дают достаточной тяги для скоростного сообщения. Все линии LGV подсоединённые к французской сети, электрифицированы под высоким переменным напряжением 25 кВ. Линия LGV в Италии между Римом и Флоренцией изначально была электрифицирована постоянным током в 3 кВ, но в ближайшее время будет переделана под 25 кВ, 50 Гц, чтобы позволить пользоваться ею французским поездам.

Натяжение контактной подвески на линиях LGV выше, нежели на обычных линиях. Это вызвано тем, что пантограф на большой скорости вызывает осцилляцию проводов, и волна должна двигаться быстрее поезда, чтобы избежать возникновения стоячих волн, которые могут привести к обрыву провода. Эта проблема проявилась особенно остро, когда в 1990 году устанавливался рекорд скорости. Когда поезд движется по LGV, у него может быть поднят только задний пантограф, чтобы избежать усиления колебаний, созданных передним пантографом. Передний и задний головные вагоны связаны между собой через силовой кабель, протянутый под днищем поезда. Поезда Eurostar, впрочем, имеют достаточную длину (14 или 18 вагонов), и колебания вызванные передним пантографом успевают затухнуть, прежде чем той же точки провода достигнет задний пантограф. На обычных линиях из-за меньшей допустимой максимальной скорости проблемы стоячих волн не возникает, и при движении по ним подняты оба пантографа постоянного тока.

Линии LGV огорожены на всей своей длине, чтобы не дать людям или животным случайно зайти на трассу. На LGV отсутствуют железнодорожные переезды, и сама линия оснащается специальными сенсорами, которые обнаруживают оказавшиеся на путях посторонние предметы.

Пути на LGV могут пересекаться только на разных уровнях, то есть с использованием эстакад и тоннелей. Использование горизонтальных развязок потребовало бы

длительных перерывов в движении в обе стороны, что привело бы к существенному уменьшению пропускной способности всей линии.

Поскольку поезда TGV развивают слишком большую скорость, чтобы машинист успел заметить и среагировать на сигнал обычного светофора, для сигнализации на LGV используется система АЛС/АРС под названием TVM (Transmission Voie-Machine — связь путь-поезд). Информация к поездам передаётся по рельсам и содержит сведения о требуемом скоростном режиме, сигналах и других данных, которые машинист видит на приборной доске. Высокая степень автоматизации не отбирает управления поезда из рук машиниста, однако в случае ошибки человека имеется гарантия, что поезд вовремя успеет затормозить.

Максимальная скорость зависит от многочисленных факторов: близости впереди идущего поезда (скорость должна выбираться так, чтобы тормозной путь при экстренном торможении не превышал расстояния до препятствия), положения стрелок, базовых ограничений на трассе, максимальной скорости самого поезда, а также дистанции до конца линии LGV. Так как тормозной путь поезда слишком велик, и он не сможет остановиться в пределах одного сигнального блока, машиниста предупреждают о приближающемся красном сигнале заранее, за несколько блоков.

Когда поезд въезжает на скоростную линию с обычной французской линии, или покидает её, он проезжает контур заземления, который автоматически переключает индикаторы приборной доски машиниста на соответствующую сигнальную систему. К примеру, если поезд покидает LGV и въезжает на обычную французскую линию (*ligne classique*), система TVM будет отключена, и включится обычная система CVB (*Contrôle Vitesse par Balise*, сигнальный скоростной контроль).

Одним из основных преимуществ TGV над остальными скоростными железнодорожными системами (например, маглевом) является возможность использования существующей инфраструктуры. Благодаря этому поезда TGV прибывают

прямо в самый центр города, к платформам старых вокзалов (например, к Лионскому вокзалу в Париже). TGV может использовать пути и станции на обычных линиях.

Впрочем, проектировщики линий TGV не отказывались и от строительства новых станций в пригородах и даже в сельской местности в нескольких километрах от города. Такое расположение станций позволяет поездам TGV не терять время и скорость на обычных линиях. В некоторых случаях станции строились на полпути между двумя городами, к примеру, станция, обслуживающая города Ле Крезе и Монсо-ле-Мин.

За последние 25 лет во Франции было построено свыше 1200 километров скоростных магистралей LGV. Ещё несколько линий на данный момент проектируются или строятся.

Таблица 2.

Существующие линии LGV

Номер линии	Название	Направление	Движение открыто
1	LGV Юго-восток (Sud-Est)	Лионский вокзал Парижа — Лион	1981
2	LGV Атлантика (Atlantique)	Вокзал Монпарнас Парижа в сторону Ле-Мана и Тура	1989
3	LGV Рона-Альпы (Rhône-Alpes)	Лион — Валанс	1992
4	LGV Северная Европа (NordEurope)	Северный вокзал Парижа в сторону Лилля и далее в Брюссель, Амстердам и Кёльн или в Лондон	1993
5	LGV Средиземноморье (Méditerranée)	Валанс — Марсель	2001
6	LGV Interconnexion Est	Линия в обход Парижа, соединяющая LGV Юго-восток и LGV Северная Европа	-
7	LGV Восток (Est)	Линия, проходящая через Реймс, Мец, Нанси и Страсбург	2007
8	LGV Рейн-Рона (Rhin-Rhône)	Линия, соединяющая LGV Юго-восток (через Дижон) и Мюлуз. Построена первая очередь.	2011

Технологии TGV были использованы при строительстве скоростных железнодорожных сетей за пределами Франции, без соединения с её сетью.

SNCF и Alstom в настоящий момент исследуют новые технологии, которые могут быть использованы для скоростного наземного транспорта во Франции. Планируется продолжить развитие системы TGV, но уже в новой форме — AGV (automotrice à grandevitesse). Планируется, что двигатели на поездах нового типа будут устанавливаться под каждым вагоном, благодаря чему отпадёт потребность в локомотивах.

Также ведутся исследования в области магнитной левитации. Впрочем, стоимость внедрения технологии маглев слишком высока. Требуется строительство новой сети и инфраструктуры. Задача прокладки маглева в центры городов потребует либо вмешательство в их исторический облик, либо дорогостоящее тоннельное строительство. Существуют и проекты создания гибридной железнодорожно-маглев линии, когда магнитное полотно укладывается между рельсами.

## **Немецкая сеть высокоскоростного движения «Intercity-Express»**

### **Общая информация**

Intercity-Express («Междугородный экспресс», также известен под сокращением ICE) — сеть скоростных железных дорог, в основном распространённая в Германии, разработанная компанией Deutsche Bahn. Современное поколение поездов Intercity-Express, ICE 3, разработаны консорциумом из компаний Siemens AG и Bombardier под общим руководством Siemens AG. Максимальная скорость поездов ICE на специально выстроенных для них участках железнодорожной сети составляет 330 км/ч. На стандартных участках сети скорость ICE составляет в среднем 160 км/ч. Длина участков, на которых ICE может развивать скорость больше 230 км/ч, составляет 1300 км.

ICE является основным типом поездов на дальних направлениях, предоставляемых Немецкими железными дорогами (Deutsche Bahn). ICE стали базой для развития

концерном «Siemens AG» своего семейства высокоскоростных поездов под общей торговой маркой «Siemens Velaro». Проекты Velaro реализованы, в частности, в Испании и Китае.

С начала 1970-х годов министерство образования и развития ФРГ финансировало исследования в области рельсового транспорта и маглев. Результатом этой разработки было создание представленного публике 26 ноября 1985 года тестового поезда «Inter City Experimental», на котором была опробована новая концепция. В тот же день поезд на участке пути между Хаммом и Гютерсло достиг скорости в 317 км/ч и установил мировой рекорд для поездов с многофазной системой электроснабжения.

После длительных дискуссий между Министерством транспорта и руководством железных дорог об оснащении, длине и ширине вагонов, а также о количестве будущих поездов в сентябре 1987 года компания заказала 82 локомотива серии 401, являющихся прямыми наследниками электровозов серии 120, для 41 поезда типа ICE 1.

Концепция поезда с двумя локомотивами и безмоторными вагонами была избрана из-за короткого времени разработки и имела определённые недостатки. Так, только более поздние модели ICE 3 могут преодолевать подъёмы до 40 % на высокоскоростном участке Кёльн — Рейн-Майн.

В 1990 году по причине приближающегося объединения Германии количество заказанных поездов было увеличено до 60. Однако к 1991 году была поставлена лишь часть заказанных поездов.

29 мая 1991 года состоялась первая поездка поездов ICE к новому вокзалу Кассель-Вильгельмсхёе, и 2 июня того же года началась плановая эксплуатация ICE на линии Гамбург — Ганновер — Фульда — Франкфурт-на-Майне — Мангейм — Штутгарт — Мюнхен. Таким образом, в сеть были включены оба новых скоростных участка — Ганновер — Фульда и Мангейм — Штутгарт.

В 1997 году на линии вышло новое поколение поездов — ICE 2. Поезда были реализованы в виде двух полупоездов, которые можно сцеплять и расцеплять в процессе

эксплуатации, что позволяет лучше реагировать на меняющуюся ситуацию с загрузкой пассажирами. Вагоны и первого, и второго класса были общими; в поездах было лишь несколько купе для пассажиров с детьми.

Поскольку поезда ICE 1 и ICE 2 оказались несколько тяжелее и шире, чем предписывают международные железнодорожные стандарты, было принято решение о создании нового поколения поездов, которые можно было бы использовать и за пределами Германии.

В 2000 году вступили в эксплуатацию поезда ICE 3 и ICE T, соответствующие этим требованиям. В поездах нового поколения моторы расположены под полом нескольких вагонов, что обеспечивает лучшее распределение нагрузки и крутящего момента. ICE T является модификацией ICE, не предназначенной для высокоскоростных трасс, и развивает максимальную скорость 230 км/ч. Они предназначены для использования на линиях, не перестроенных для использования ICE и имеющих значительно меньшие радиусы поворота. Для преодоления таких поворотов в этих поездах используется технология управляемого наклона, разработанная фирмой FIAT. Также был выпущен ICE 3M, предназначенный для использования на железных дорогах за пределами Германии, в первую очередь в Нидерландах, Бельгии и Швейцарии, а также во Франции, и способный использовать различные стандарты электроснабжения.

Система ICE создана для объединения всех крупных городов Германии и включает в себя 180 станций. В зависимости от значимости разные участки обслуживаются поездами раз в полчаса, раз в час или раз в два часа. В случае ожидаемого высокого количества пассажиров (например, при проведении чемпионата мира по футболу 2006 года) пускаются также дополнительные поезда.

В отличие от французского TGV или японского Синкансэна, ICE не разрабатывался как единая система и поэтому далеко не на всех участках поезда последнего поколения (ICE 3) могут развить свою максимальную скорость 330 км/ч.

## Структура сети

Из-за полицентрической схемы распределения населения в Германии, в отличие от большинства сетей скоростных поездов, которые, как правило, расходятся лучами от одного основного пункта (у TGV от Парижа, у Синкансэн — от Токио), сеть ICE характеризуется шестью ветками, идущими с севера на юг, и двумя — с востока на запад.

Помимо основной сети, существуют второстепенные ветки из Гамбурга в Киль, из Бремена в Ольденбург, из Кёльна в Ахен (и дальше в Бельгию), из Мюнхена в Гармиш-Партенкирхен и Куфштейн (и дальше в Инсбрук), из Нюрнберга в Пассау (и дальше в Вену). Как правило, на второстепенных участках максимальная скорость не превышает 160 км/ч.

За пределами Германии поезда ICE имеют конечные пункты в Амстердаме, Базеле, Брюсселе, Цюрихе, Интерлакене, Хуре, Инсбруке, Вене и Париже.

В 2007 году введена линия Париж — Франкфурт-на-Майне. Линии Франкфурт-на-Майне — Амстердам и Франкфурт-на-Майне — Брюссель обслуживаются совместным предприятием ICE International, основанным немецкими и нидерландскими железными дорогами.

Под маркой ICE Sprinter (ранее — Shuttle-ICE) Deutsche Bahn AG предоставляет утренние (отправление около 6:00) и вечерние (около 18:00) поезда маршрутам Гамбург — Кёльн (Linie 1), Берлин — Франкфурт-на-Майне (Linie 3), Гамбург — Франкфурт-на-Майне (Linie 4) и обратно, останавливающиеся лишь в крупных городах (Ганновер, Дюссельдорф, Дуйсбург) или следующие вообще без остановок. Эти поезда призваны заменить полёты на самолётах на этих направлениях, так как время в пути составляет около 3,5 часов. Стоимость билета на поезд ICE Sprinter не отличается от билета на обычный ICE, однако для поездки на ICE Sprinter необходимо обязательное бронирование сидячего места (в обычном ICE эта возможность имеется, но не является обязательной).

## Технические характеристики высокоскоростных трасс Германии

Для оптимального использования своих возможностей поезда ICE нуждаются в специально оборудованных скоростных трассах, где они способны развивать скорость до 350 км/ч, однако могут использовать и стандартную железнодорожную колею, по которой могут двигаться с максимальной скоростью 160 км/ч.

Длина участков, на которых поезда ICE могут развивать скорость больше 230 км/ч, составляет около 1300 км.

На территории Германии существует два типа высокоскоростных трасс: новые трассы (нем. Neubaustrecken), построенные специально для эксплуатации высокоскоростных поездов, на которых максимально разрешённая скорость составляет до 350 км/ч, и улучшенные трассы (нем. Ausbaustrecken) с максимальной скоростью до 230 км/ч, представляющие собой ранее существовавшие трассы, адаптированные для ICE.

Поскольку при скоростях выше 160 км/ч тормозной путь поезда превышает 1 км, для управления движением поездов на высокоскоростных участках используется система автоматического слежения за движением поезда. Эта система обеспечивает автоматический контроль за местоположением и скоростью поездов через пару проводов (так называемый линейный проводник), проложенных между рельсами. В центральный пост управления сообщается полученная информация, и машинист получает сигналы с информацией о дальнейших действиях на многие километры вперёд.

Для высокоскоростных трасс используются также контактные провода из специального сплава, улучшающего контакт и уменьшающего искрообразование. Контактные провода имеют очень высокое натяжение, с целью предотвращения колебаний под воздействием ветра и воздушных потоков от проезжающих поездов.

## Подвижной состав

Поезда ICE оборудованы специальными токоприёмниками, оптимизированными для движения на высоких скоростях. Особое внимание было уделено низкому весу и аэродинамическим качествам токоприёмника. Полный поезд ICE (любой поезд ICE 1 или два соединённых полупоезда ICE 2 или ICE 3) имеет два токоприёмника на каждом конце состава. Поскольку при движении с высокой скоростью проход первого токоприёмника вызывает достаточно сильное колебание контактного провода, для нормальной работы второго токоприёмника длина поезда должна быть достаточно большой.

Первое поколение моторных вагонов (несмотря на отсутствие пассажирского салона, таковой (моторный вагон) конструктивно связан с прицепленными к нему вагонами и на применение в качестве поездного локомотива не рассчитан) ICE (Серия 401) было построено компаниями Siemens AG, BrownBoveri, Kupp на основе электровозовсерии 120 немецких железных дорог. Фактически они являются переработанными в моторные вагоны электровозами серии 120 с улучшенным дизайном и аэродинамикой. Электропоезд состоит из двух моторных технических и нескольких безмоторных пассажирских вагонов.



**Рис 6. Высокоскоростной поезд ICE 2**

Концепция электропоезда с двумя моторными и безмоторными вагонами была избрана по причине небольшого времени разработки и имеет определённые недостатки. Из-за

неоптимального распределения ведущих осей по отношению к массе поезда при определённых условиях эксплуатации поездам ICE 1 может не хватать мощности, чтобы преодолевать подъёмы до 40 % на высокоскоростном участке Кёльн — Рейн-Майн. Максимальная разрешённая скорость поездов ICE 1 составляет 280 км/ч.

Второе поколение ICE (Серия 402) принципиально не отличается от первого, но стандартная длина поезда была уменьшена в два раза, что в совокупности с возможностью оперативной сцепки двух поездов в один позволяло более гибко реагировать на меняющуюся ситуацию на рынке перевозок. Вагоны первого и второго поколения совместимы и иногда используются вместе.

Каждый полупоезд ICE 2 состоит из одного моторного вагона, нескольких пассажирских вагонов и одного вагона с кабиной машиниста. Максимальная скорость поездов ICE 2 составляет 280 км/ч, но развить её поезд может только при условии, что моторный вагон находится впереди поезда. В случае если моторный вагон толкает поезд, максимальная скорость не должна превышать 200 км/ч

Поезда ICE 2 внешне очень похожи на поезда ICE 1. Основные отличия: пассажирские места в вагоне с кабиной машиниста, плоская крыша вагона-ресторана, а также значительные изменения внутри вагонов (сидения самолётного типа, большие мониторы с информацией для пассажиров).

Третье поколение ICE (Серия 403, известная также как Siemens Velaro) отличается полностью переработанной концепцией. Электрическое оборудование распределено по всему поезду и расположено преимущественно под полом вагонов, оснащённых немоторными тележками, а несколько менее мощных, чем в первых сериях, моторов установлено внутри моторных тележек обоих концевых и некоторых промежуточных вагонов. Таким образом, привод больше не сосредоточен на одних только концевых вагонах, что позволяет лучше распределять крутящий момент между осями вагонов и преодолевать участки с более крутым подъёмом. Благодаря тому, что всё электрическое оборудование расположено под

полом вагонов, в первом и последнем вагоне есть обзорные места, отделённые от места машиниста только стеклянной перегородкой. Максимальная разрешённая скорость для ICE 3 составляет 330 км/ч.

Мультисистемный ICE 3М (Серия 406) — модификация ICE 3 для использования на железных дорогах Европы с различными системами электроснабжения. В настоящее время используется для обслуживания железных дорог Швейцарии, Бельгии и Нидерландов, а так же Франции.

В рамках разработки третьего поколения поездов ICE были созданы поезда ICE Т (Серии 411, 415), получившие стандартный дизайн ICE 3, но фактически сконструированные для использования на стандартных участках железнодорожной сети и развивающие максимальную скорость 230 км/ч. Эти поезда используют технологию управляемого наклона. Внешне ICE Т отличаются от ICE 3 меньшим углом наклона лобового стекла и поэтому меньшим ощущением стремительности

На основе ICE Т были также разработаны поезда ICE TD (серия 605), являющиеся дизель-электрической модификацией ICE Т, которые предназначены для использования на частично неэлектрифицированных участках железных дорог, например, на участке Нюрнберг-Дрезден или Мюнхен-Цюрих.

По причине технических проблем и низкой рентабельности использование этих поездов было приостановлено

Во время чемпионата мира по футболу 2006 по причине острой нехватки подвижного состава они были использованы вновь и, вопреки первоначальному опыту, произвели хорошее впечатление. В частности, была достигнута скорость 200 км/ч на линии, что приближается к рекорду для дизельного пассажирского поезда. С тех пор эти поезда снова используются на некоторых участках по выходным в качестве дополнительных.

Таблица 3

## Технические характеристики поездов ICE

Назва- ние	Годы произ- ва	Макс. возможная скорость, км/ч	Макс. скорость на линии, км/ч	Вмести- мость, чел	Длина поезда, м
ICE V(V)	1985	406,9	-	-	-
ICE 1	1991	328	280	800	358
ICE 2(2)	1996	310	250 (разрешено до 280)	400	205
ICE-S(S)	1996	393	-	-	-
ICE 3 (3)	2000	368	320 (разрешено до 330)	415	200
ICE-T	1998	253	230	367	185
ICE-T	1998	253	230	250	133
ICE-TD(TD)	2001	222	200	195	106,7

### Высокоскоростное сообщение в Китае Общая информация

К 1993 г. средняя скорость движения пассажирских поездов в Китае составляла 48 км/ч и продолжала снижаться. Железнодорожный транспорт терял привлекательность для пассажиров, уступая в популярности авиасообщению и автомобильному транспорту. Учитывая это, Министерство железнодорожного транспорта Китая разработало стратегию повышения скорости движения поездов за счет строительства новых высокоскоростных линий. Практические работы по строительству новой сети высокоскоростного железнодорожного транспорта начались с Девятого Пятилетнего Плана (1996—2000 гг.) и продолжается до сих пор.

С 1997 по 2004 год около 7700 км китайских железных дорог были реконструированы, поезда получили возможность передвигаться по ним со скоростью до 160 км/ч.



**Рис 7. Схема высокоскоростного и скоростного движения в Китае**

К высокоскоростным магистралям (ВСМ) предъявляются очень жесткие инженерные требования. Они нуждаются в особом бесстыковом рельсовом полотне и отсутствии пересечений с прочими автомобильными и железными дорогами. В связи с этим практически все ВСМ Китая построены на огромных по протяженности виадуках, колонны которых уходят порой на 80-метровую глубину — по технологии они должны опираться на скальное основание.

Такие виадуки, по сути, являются мостами-путепроводами, и благодаря им Китаю принадлежит первенство в рейтинге самых длинных мостов мира. Даньян-Куньшаньский виадук, часть ВСМ Пекин — Шанхай со своей 165-километровой длиной (из которых 9 километров проложено прямо над озером Янчэн) — абсолютный мировой лидер.

В настоящее время общая протяженность сети высокоскоростных магистралей в Китае составляет 15 тыс. километров, и почти все они возведены с 2006 года. К концу 2015-го будут построены еще 3 тыс. км, а к 2020-му скоростная пассажирская транспортная сеть в Китае составит более 50 тыс.

км, объединив все областные центры и города с населением свыше 500 тыс. человек.

### **Подвижной состав**

Подвижной состав для первых скоростных дорог Китая поставляли проверенные производители из Европы, Северной Америки и Японии: Bombardier, Alstom, Siemens, Kawasaki. Однако необходимым условием получения ими многомиллиардных контрактов (количество поставляемых составов измеряется тысячами) являлась последующая передача КНР технологии производства поездов и локализация его в Китае.

В настоящее время производство всего подвижного состава для высокоскоростных магистралей, в том числе уже полностью разработанного китайскими инженерами, осуществляется на местных предприятиях. Более того, подобная технологичная продукция «Made in China» уже экспортируется в различные страны мира.



**Рис 8. Высокоскоростной поезд CRH 380A**

CRH-380A — тип скоростных поездов в Китае, разработанный в рамках программы по организации высокоскоростного железнодорожного сообщения в Китае

Поезд рассчитан на эксплуатационную скорость 350 км/ч, с максимальной эксплуатационной скоростью 380 км/ч.

Оригинальный 8-вагонный поезд развил скорость 416.6 км/ч, а у более длинного 16-вагонного поезда 3 декабря 2010 года была зафиксирована максимальная скорость 486,1 км/ч на участке Цзаочжуан — Бэнпу на скоростной железной дороге Пекин-Шанхай.

Согласно CSR, в поезде десять основных инноваций:

- Низкое аэродинамическое сопротивление. Нос поезда имеет коэффициент аэродинамического сопротивления  $<0.13$ , аэродинамическое сопротивление уменьшено на 6.1%, аэродинамический шум уменьшен на 7%, аэродинамические подъёмные силы уменьшены на 51.7%, поперечные силы уменьшены на 6.1%.
- Уменьшены вибрации, корпус CRH380A выполнен из легких алюминиевых сплавов, вес вагона не более 9 тонн, конструкция корпуса всесторонне оптимизирована, с применением значительного количества новых конструкционных и вибропоглощающих материалов, оптимизированы тележки, оптимизирована структура интерьера для улучшения характеристики вагона в области собственной частоты колебаний. Что в совокупности снизило вибрации корпуса и повысило комфорт.
- Герметичный корпус. Скорость изменения давления внутри корпуса менее 200 Па/с, при максимальном изменении давления внутри корпуса до 800 Па, по сравнению со стандартным значением в 1000 Па. Это означает комфортность поездки на высокой скорости.
- Безопасные и надежные высокоскоростные тележки SWMB-400/SWTB-400. Конструкция основана на тележках SWMB-350/SWTB-350 поезда CRH2C, критическая скорость 550 км/ч.
- Передовая система контроля шума, уменьшение источников шума и применение новых звукопоглощающих материалов обеспечивает уровень шума в в салоне 67 - 69 Дб на скорости 350 км/ч, что сопоставимо с CRH2A на 250 км/ч.

- Мощный привод. В CRH380A применена новая силовая схема, обеспечивающая большую мощность. Поезду нужно 7 минут для разгона до 380 км/ч, удельный расход электроэнергии в расчете на одного пассажира на скорости 380 км/ч меньше 5.2 кВт·ч на каждые 100 км.
- Высокоскоростные сдвоенные активные пантографы
- Безопасная и экологически-эффективная система торможения, рекуперативное торможение с КПД 95%, способно отдавать в сеть 800 кВт·ч при каждой остановке.
- Ориентированный на пассажира интерфейс.
- Выдающиеся автоматизированные эксплуатационные качества.

Поезд CRH380A введен в эксплуатацию сразу после испытаний.

## **§2 Особенности технических параметров ВСМ**

### **Основные требования к конструкции верхнего строения пути**

Конструкцию подрельсового основания следует выбирать в зависимости от значений максимальной скорости движения по участку. Для главных путей ВСМ с максимальной скоростью движения высокоскоростных поездов более 200 км/ч следует, предусматривать безбалластную конструкцию. В необходимых случаях, при соответствующем обосновании, допускается применение балластной конструкции пути на участках скоростного и высокоскоростного движения поездов. Между безбалластной и балластной конструкцией пути должны быть предусмотрены переходные участки. Следует отметить сокращение приведенных затрат на содержание безбалластной конструкции железнодорожного пути при высокоскоростном движении [28].

Конструкцию верхнего строения пути определяют исходя из конкретных инженерно-геологических условий строительства, экономических и технических расчетов. На протяжении ВСМ могут применяться разные конструкции пути.

Длина участка конструкции одного типа определяется проектом. Выбор конструкции пути осуществляют исходя из минимизации стоимости жизненного цикла при безусловном обеспечении надежной эксплуатации с заданными нагрузками и скоростью движения поездов

Конструкция верхнего строения пути должна учитывать требования к минимизации вибрации и шума.

Конструкции и элементы верхнего строения пути (стрелочные переводы, уравнильные стыки, уравнильные приборы и др.) на главных путях ВСМ и на других путях, где осуществляется эксплуатация высокоскоростного подвижного состава со скоростью движения более 200 км/ч, должны быть сварены в рельсовые плети бесстыкового пути. Длина рельсовых плетей, положение сварных стыков, уравнильных стыков, уравнильных приборов и т. д. определяется индивидуальным проектом.

Бесстыковой путь укладывается на мостах:

а) без ограничения значений суммарной длины пролетных строений на железобетонных мостах с ездой на балласте: - с балочными пролетными строениями длиной до 33,6 м; 14 - с арочными (без затяжки) пролетными строениями;

б) на сталежелезобетонных и стальных мостах с ездой на балласте: - на однопролетных мостах с длиной пролетных строений до 55 м; - на многопролетных мостах с суммарной длиной пролетных строений до 220 м и длине одного пролетного строения не более 55 м;

в) в случаях, не предусмотренных в перечислениях а) и б) настоящего подраздела, укладка бесстыкового пути осуществляется по индивидуальным проектам.

На главных путях ВСМ следует укладывать рельсовые плети, сваренные из новых рельсов длиной 100 м без болтовых отверстий с погонной массой не менее 60 кг/п.м. В случае, если проектом предусматривается укладка рельсовой плети некратной 100 м, допускается использование одного из рельсов меньшей длины.

Сварка новых рельсов в плети должна производиться в соответствии с требованиями действующих нормативных

документов. Концы рельсовых плетей между собой должны быть сварены электроконтактным способом. Сварка рельсовых плетей с рельсами уравнильных приборов или уравнильных стыков должна производиться при их укладке. Минимальное расстояние между сварными стыками должно быть не менее 6 м. Стыки на стрелочных переводах, распложенных по маршрутам следования высокоскоростных поездов, должны быть сварены.

Безбалластное верхнее строение пути (далее БВСП) выполняет следующие функции:

- обеспечивает пространственную стабильность рельсовой колеи;
- распределяет нагрузку от подвижного состава на нижнее строение;
- обеспечивает снижение генерируемых подвижным составом вибраций до приемлемого уровня.

БВСП необходимо проектировать исходя из критериев выполнения всех перечисленных функций, обеспечивающих стабильную работу верхнего строения пути во взаимодействии со всеми видами подвижного состава в заданных эксплуатационных условиях. Решение о применении конкретного конструктивного типа БВСП принимают на основании технико-экономического обоснования с учетом оптимизации стоимости жизненного цикла конструкции

Конструкция БВСП в общем случае состоит из рельсовых плетей, упругих промежуточных рельсовых скреплений, подрельсовых опор, несущего основания из плит или монолитного бетона, гидравлически связанного несущего слоя.

При расчете конструкции БВСП должны быть учтены нагрузки от подвижного состава (вертикальные, горизонтальные продольные, горизонтальные поперечные), природно-климатических факторов (температурная сила, возникающая при максимальном изменении температуры в годичном цикле для участка проектирования) и собственные.

До укладки БВСП должны быть выполнены все проектные мероприятия по надежному водоотведению. В местах примыкания верхнего строения на балласте к БВСП

следует предусматривать устройства сопряжений, конструкция которых будет обеспечивать стабильность балластной призмы в примыкающей части пути.

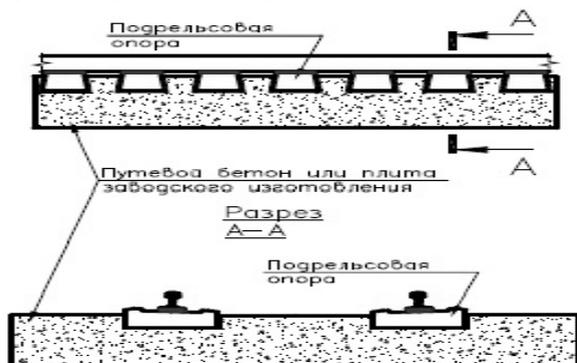
На ВСМ следует применять БВСП следующих конструктивных типов:

**тип 1:** безбалластный путь с подрельсовыми опорами, омоноличенными в путевом бетоне;

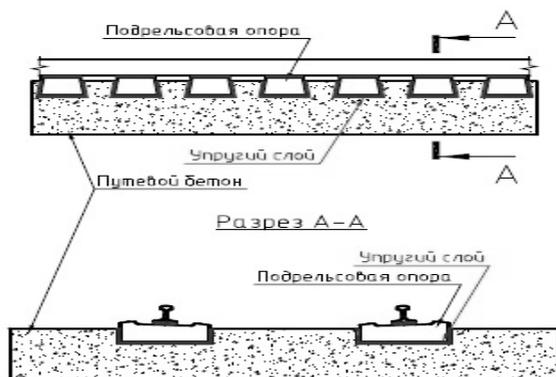
**тип 2:** безбалластный путь с подрельсовыми опорами, омоноличенными в путевом бетоне, имеющими упругий слой с расчетной (пониженной) жесткостью;

**тип 3:** безбалластный путь системы масса-пружина с расчетной (пониженной) жесткостью.

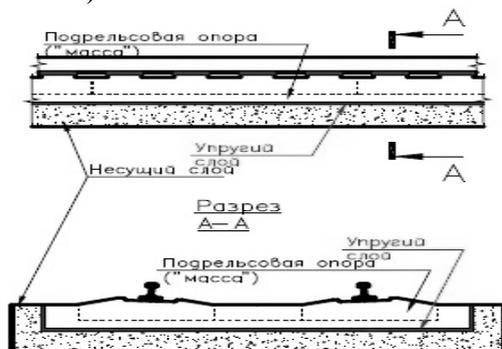
Схемы указанных конструктивных типов приведены на рисунках 8 – 10 соответственно.



**Рис 9 – Тип 1. Безбалластный путь с подрельсовыми опорами, омоноличенными в путевом бетоне**



**Рис 10 – Тип 2. Безбалластный путь с подрельсовыми опорами, омоноличенными в путевом бетоне через упругий слой с расчетной (пониженной) жесткостью**



**Рис 11 – Тип 3. Безбалластный путь системы масса-пружина с расчетной (пониженной) жесткостью**

Эксплуатационные параметры всех элементов БВСП должны обеспечиваться в диапазоне температур рельсов от минус 48 до плюс 67 °С.

Упругие элементы БВСП должны иметь расчетную жесткость. Расчетная жесткость пути определяется в соответствии с приведенной ниже методикой. Основной характеристикой упругих свойств пути в отечественной практике расчетов пути на прочность принят модуль упругости пути, представляющий собою погонный упругий отпор подрельсового основания, отнесенный к единице прогиба.

Модуль упругости пути и жесткость подрельсового основания связаны следующим соотношением:

$$U = \frac{Ж}{l} \quad , (1)$$

где  $U$  – модуль упругости пути, МПа;

$Ж$  – жесткость подрельсового основания, МН/м;

$l$  – расстояние между осями соседних шпал, м.

В свою очередь жесткость подрельсового основания и жесткость его отдельных элементов связаны следующим соотношением:

$$\frac{1}{Ж} = \sum \frac{1}{Ж_i} \quad , (2)$$

где  $Ж_i$  – жесткость отдельных элементов конструкции пути.

Формулы (1) и (2) позволяют рассчитать модуль упругости безбалластного пути при известной жесткости в узле промежуточного скрепления за счет прокладок-амортизаторов и дополнительную жесткость упругого слоя между подрельсовой опорой и путевым бетоном. Эти расчеты для эпюры подрельсовых опор 2000 и 1840 шт./км приведены в таблицах 4 и 5 соответственно.

При пользовании таблицами в столбце, соответствующем жесткости прокладки-амортизатора находим строку с требуемым модулем упругости пути. Значение в боковике таблицы показывает требуемую дополнительную жесткость упругого слоя (подшпальной прокладки). В том случае, если требуемое значение величины находится между приведенными в таблицах, применяют линейную интерполяцию.

Таблица 4.

Модуль упругости пути, МПа, при эпюре подрельсовых опор 1840 шт./ км

Ж, доп.,	Жскр, МН/м
----------	------------

МН/м	50	60	70	80	90	100	125	150
<b>100</b>	61,3	69,1	75,8	81,8	87,2	92,1	102,3	110,5
<b>90</b>	59,1	66,3	72,5	78,0	82,9	87,2	96,4	103,6
<b>80</b>	56,6	63,1	68,8	73,7	78,0	81,8	89,8	96,1
<b>70</b>	53,7	59,5	64,5	68,8	72,5	75,8	82,6	87,9
<b>60</b>	50,2	55,2	59,5	63,1	66,3	69,1	74,7	78,9
<b>50</b>	46,0	50,2	53,7	56,7	59,2	61,4	65,8	69,1
<b>40</b>	40,9	44,2	46,9	49,1	51,0	52,6	55,8	58,2
<b>30</b>	34,5	36,8	38,7	40,2	41,4	42,5	44,6	46,0
<b>20</b>	26,3	27,6	28,6	29,5	30,1	30,7	31,8	32,5

Таблица 5.  
Модуль упругости пути, МПа, при эпюре подрельсовых  
опор 1660 шт./ км

Ж,доп., МН/м	Жскр, МН/м					
	50	60	70	80	90	100
<b>100</b>	55,4	62,3	68,4	73,8	78,7	83,1
<b>90</b>	53,4	59,8	65,4	70,4	74,8	78,7
<b>80</b>	51,1	57,0	62,0	66,4	70,4	73,8
<b>70</b>	48,4	53,7	58,1	62,0	65,4	68,4
<b>60</b>	45,3	49,8	53,7	57,0	59,8	62,3
<b>50</b>	41,5	45,3	48,4	51,1	53,4	55,4
<b>40</b>	36,9	39,9	42,3	44,3	46,0	47,5
<b>30</b>	31,1	33,2	34,9	36,2	37,4	38,3
<b>20</b>	23,7	24,9	25,8	26,6	27,2	27,7

Модуль упругости материала в соответствии с законом Гука – это коэффициент пропорциональности между напряжениями в материале и его относительной деформацией:

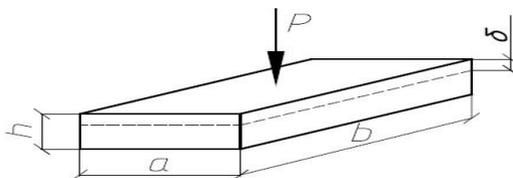
$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad , (3)$$

где  $\varepsilon$  – относительная деформация сжатия;

$E$  – модуль упругости материала, МПа.

Учитывая, что  $\sigma = P/A$ , где  $P$  – сила, действующая на образец площадью  $A$ , а  $\varepsilon = \delta / h$ , где  $\delta$  – деформация образца начальной высоты  $h$

$$E = \frac{P}{A} \cdot \frac{h}{\delta} \quad (\text{см. рис. 11}), \text{ то} \quad , (4)$$



**Рис. 12** Схема работы упругого элемента на сжатие

При этом  $P/\delta$  есть жесткость. Тогда жесткость и модуль деформации связаны следующим выражением:

$$\mathcal{J} = E \cdot \frac{A}{h} \quad , (5)$$

Коэффициент постели (опоры) представляет собой силу, которую надо приложить к площади  $A$  полупространства, чтобы вызвать ее перемещение на величину  $\delta$

$$C = \frac{P}{A\delta} \quad , (6)$$

где  $P/\delta$  - жесткость, тогда

$$\mathcal{J} = C \cdot A \quad , (7)$$

$$E = \mathcal{J} \frac{h}{A} \quad , (8)$$

где  $h$  – толщина упругого элемента, м;

$A=a \times b$  – площадь упругого элемента; для шпалы в балласте это площадь эффективной опоры полушпалы, м<sup>2</sup>.

Таким образом, зная требуемую дополнительную жесткость можно подобрать материал упругого слоя и его размеры.

Приведенные данные позволяют определить необходимые упругие свойства материалов для различных конструктивных типов БВСП.

Рекомендуется применять упругие элементы, имеющие обратимое увеличение жесткости при низких температурах не более 2 раз.

Для обеспечения долговечности элементов БВСП модуль упругости пути не должен превышать значения для конструкции на балласте.

Конструкция БВСП на искусственных сооружениях (на мостах, в тоннелях и т. п.) должна предусматривать установку охранных приспособлений.

На стрелочных переводах необходимо обеспечить равномерный прогиб рельсов и конструктивных элементов перевода под поездной нагрузкой. Эпюра шпал (или иных подрельсовых опор) независимо от плана должна быть не менее 1660 шт/км.

### **Конструкция верхнего строения пути на балласте**

Конструкция верхнего строения пути на балласте состоит из рельсовых плетей, упругих промежуточных рельсовых креплений, шпал и балластного слоя. Область применения конструкции верхнего строения пути на балласте определяется проектом с учетом обеспечения надежной эксплуатации с установленными значениями скорости движения и осевыми нагрузками подвижного состава на участке проектирования при условии оптимизации стоимости жизненного цикла конструкции. Конструкция верхнего строения пути на балласте применяется, как правило, на участках с максимальной скоростью движения поездов не более 200 км/ч.

На участках ВСМ на балласте должны укладываться железобетонные шпалы. Количество шпал на 1 км (эпюра шпал) на главных путях ВСМ принимается 1840 шт./км в прямых и кривых участках пути. Минимальная толщина слоя балласта на главных путях под подошвой шпал в подрельсовом сечении на прямых и у концов шпал со стороны внутреннего рельса в кривых должна быть не менее 30 см. Со стороны наружного рельса толщина балластного слоя должна рассчитываться с учетом величины возвышения. Поверхность балластной призмы

должна быть ниже подошвы рельса не менее чем на 30 мм. Ширина плеча балластной призмы, независимо от плана линии, должна быть не менее 50 см. Крутизна откосов балластной призмы не круче 1:1,75. Междупутье при расстоянии между осями соседних путей до 6500 мм заполняется балластом тех же характеристик, что и для балластировки пути. Щебень на плечах балластной призмы с полевой стороны и со стороны междупутья, а также в шпальных ящиках должен быть уплотнен. Для предотвращения аэродинамического подъема щебенки при проходе высокоскоростного поезда со скоростью более 200 км/ч поверхность балласта должна быть закреплена, например, полимерным вяжущим материалом в соответствии с действующими нормативными документами.

### **План и профиль**

При проектировании плана безопасность и комфортабельность, надёжное взаимодействие рельсового пути и подвижного состава обеспечиваются при выполнении требований СНиП 32-01-95.

План пути на перегонах проектируют с учётом топографических, ситуационных и иных условий в зависимости от скорости движения поездов по участку при обязательном обеспечении следующих требований:

- непогашенное поперечное ускорение на буксе при максимальной скорости движения по условиям комфортабельности проезда для пассажиров, плавности движения и допустимого динамического воздействия на путь не должно превышать: для высокоскоростных пассажирских поездов: ~ плюс 0,4 м/с<sup>2</sup> – при скорости 400 км/ч; ~ плюс 0,5 м/с<sup>2</sup> – при скорости 350 км/ч; ~ плюс 0,6 м/с<sup>2</sup> – при скорости 300 км/ч; ~ плюс 0,7 м/с<sup>2</sup> – при скорости 250 км/ч и менее (промежуточных уровней скорости нормативные значения непогашенного поперечного ускорения определяются путём интерполяции); для скоростных пассажирских поездов: ~ плюс 0,7 м/с<sup>2</sup> ; 24 для грузовых контейнерных

поездов: ~ минус 0,3 м/с<sup>2</sup> (в трудных условиях: минус 0,4 м/с<sup>2</sup>)

- возвышение наружного рельса в кривой не должно превышать 150 мм. Расчётное его значение определяется во взаимосвязи с уровнем скорости движения поездов и величиной радиуса круговой кривой исходя из условий обеспечения требований, указанных в данном пункте

Круговые кривые на всем протяжении должны иметь постоянное значение радиуса. Минимальная длина круговой кривой не должна быть менее 200 м при скоростях движения пассажирских поездов до 350 км/ч и не менее 250 м - при скоростях движения 351 – 400 км/ч.

Длину переходной кривой определяют исходя из обеспечения следующих требований:

а) допускаемое значение вертикальной составляющей скорости подъёма колеса по возвышению наружного рельса не должно превышать 28 мм/с;

б) допускаемые значения крутизны отвода возвышения наружного рельса не должны превышать величин, соответствующих допускаемому значению вертикальной составляющей скорости подъёма колеса в пределах отвода возвышения наружного рельса и реализуемой на данном участке максимальной скорости движения поездов;

в) допускаемая в пределах переходной кривой скорость нарастания непогашенного поперечного ускорения не должна превышать 0,4 м/с<sup>2</sup>.

Из значений длины переходной кривой, установленных в соответствии с перечисленными требованиями, в качестве окончательного значения принимают наибольшую длину переходной кривой.

Длина прямой вставки между начальными точками соседних переходных кривых должна быть не менее 400 м; в трудных условиях при технико-экономическом обосновании длину прямой вставки допускается уменьшить до 300 м.

Расположение тоннелей в плане должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к открытым участкам трассы ВСМ.

## Продольный профиль пути

При проектировании продольного профиля безопасность, комфортабельность, надёжное взаимодействие пути и подвижного состава обеспечиваются при соблюдении требований СНиП 32-01-95, СНиП 2.06.04-82, СП 122.13330.2012, СП 33-101-03.

Величина наибольшего уклона продольного профиля главных путей не должна превышать 24‰. Прямолинейные элементы продольного профиля следует сопрягать вертикальной кривой. Радиус вертикальной кривой определяют с учётом ограничения наибольшей величины вертикального ускорения при следовании поездов по этой кривой (для обеспечения пассажирам комфортных условий поездки и плавности движения поездов), которое принимают:

- для пассажирских поездов на выпуклых переломах профиля – не более  $0,3 \text{ м/с}^2$ ;
- для пассажирских поездов на вогнутых переломах профиля – не более  $0,4 \text{ м/с}^2$ .

Расстояние между конечной и начальной точками соседних вертикальных кривых, т.е. длина участка пути с постоянным уклоном продольного профиля, должна быть не менее 300 метров. В трудных условиях длина участка пути с постоянным уклоном продольного профиля, расположенного между смежными вертикальными кривыми, может быть уменьшена до 200 м, при условии, что на этом участке поезда следуют в режиме тяги или холостого хода.

Вертикальные кривые следует размещать:

- вне переходных кривых в плане;
- вне пролётных строений мостов длиной более 50 м;
- вне стрелочных переводов.

В выемках длиной более 400 м продольный профиль пути допускается проектировать одним и более элементами профиля направления уклонов которых должны обеспечивать беспрепятственный отвод поверхностных вод в стороны начала

и конца выемки. Величина уклонов продольного профиля в выемках должна быть не менее 3 ‰.

На подходах к мостам и трубам, а также при расположении трассы ВСМ вдоль берегов рек и водоёмов, бровка основной площадки земляного полотна должна возвышаться над наивысшим уровнем воды вероятности превышения 0,33% с учётом подпора, ветрового нагона, наката волны на откос насыпи и ледовых явлений - не менее, чем на 0,9 м. Верхняя отметка незатопляемых регуляционных сооружений и бERM должна возвышаться над указанным наивысшем уровнем воды не менее, чем на 0,25 м.

Бровка основной площадки земляного полотна на снегозаносимых участках должна возвышаться над расчётным уровнем снежного покрова, вероятности превышения один раз в 50 лет, не менее чем на 1 м. В районах развития активного карста следует избегать проектировать продольный профиль пути в виде выемок.

На отдельных пунктах профиль главных путей должен соответствовать нормам, установленным для главных путей на перегонах. Главные и приёмootправочные пути в пределах пассажирских платформ следует располагать на площадке в продольном профиле.

Профиль станционных путей, где возможна стоянка специальных контейнерных и хозяйственных поездов с отцепкой локомотивов, проектируется в соответствии с действующими нормативными документами. Для станционных путей, кроме главных, приёмootправочных и соединительных, по которым будет осуществляться пропуск высокоскоростного подвижного состава, допускается применять радиус вертикальной кривой не менее 900 метров.

Уклон продольного профиля на подъём в тоннелях должен не превышать величины, позволяющей реализовать скорость 350 км/ч на всём протяжении тоннеля.

## **Система электроснабжения**

На ВСМ со скоростями движения свыше 200 и до 400 км/ч должна применяться система электрической тяги высокой производительности с уровнем напряжения в канале передачи энергии ЭПС, обеспечивающем энергетическую безопасность и энергоэкономичность ВСМ. На новых участках ВСМ линии Москва – Казань со скоростями движения от 200 до 400 км/ч следует использовать систему электрической тяги переменного тока 2×25 кВ, 50 Гц.

Контактная сеть должна обеспечивать надежную передачу электроэнергии требуемой мощности на ЭПС, безопасность движения и удовлетворительное качество токосъема при скорости движения до 400 км/ч.

Контактная сеть ВСМ включает следующие основные конструкции и устройства:

- контактную подвеску, состоящую из контактного провода, несущего и рессорных тросов, струн, тросов средней анкеровки, электрических соединителей и изделий арматуры;
- питающие и усиливающие провода;
- узлы анкеровки проводов;
- поддерживающие и фиксирующие конструкции (консоли, фиксаторы, кронштейны);
- строительные конструкции (фундаменты и стойки опор, анкеры, жесткие поперечины);
- изоляторы;
- коммутационные устройства (разъединители);
- заземляющие и защитные устройства (индивидуальные и групповые заземления, ограничители перенапряжений и пр.).

Максимальная скорость движения электроподвижного состава должна составлять не более 70% скорости распространения поперечной волны по контактной подвеске. Длина пролетов контактной подвески должна ограничиваться по критериям надежного токосъема, ветроустойчивости при максимальной скорости ветра и в режиме гололеда с ветром, соблюдения габарита контактного провода в режиме гололеда. При этом для снижения возможности автоколебаний

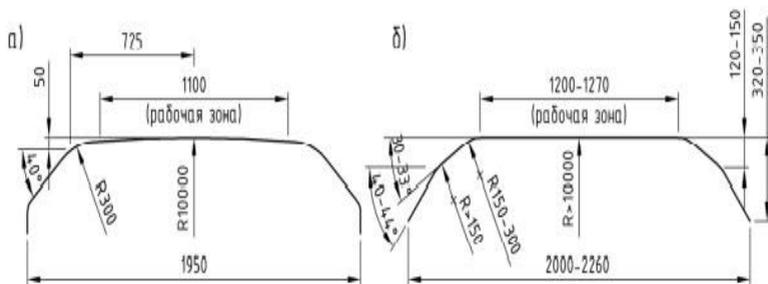
допускается чередование пролетов разной длины, но не превышающих 70 м. Оптимальная стрела провеса контактного провода в середине пролета определяется при проектировании по условию обеспечения наилучшего качества токосъема, но не более 0,0005 длины пролета. Расстояние между струнами контактной подвески определяется расчетным путем.

Конструктивная высота контактной подвески в обычных условиях должна составлять не менее 1,4 м, при проходе искусственных сооружений – не менее 0,8 м. Изменение натяжений контактных проводов и несущих тросов в пределах анкерного участка не должно превышать 5% их номинального натяжения. Максимальная длина анкерного участка контактной подвески со средней анкерровкой определяется расчетным путем. При проектировании длину анкерных участков следует ограничивать по критериям соблюдения допускаемых механических и электрических расстояний при температурных перемещениях проводов и конструкций контактной сети, обеспечения допустимого приращения натяжения контактных проводов и несущих тросов в пределах анкерного участка не более 5%, обеспечения допустимых зигзагов контактного провода не более 0,5 м.

Натяжение струн контактной подвески в статическом состоянии должно быть не менее 15 Н.

На станциях должно предусматриваться механическое отделение контактных подвесок и узлов контактной сети по главным путям от соответствующих подвесок и узлов второстепенных путей. Для подвешивания контактной сети главных путей должны проектироваться преимущественно консольные опоры.

Контактная подвеска и токоприемники при проектировании ВСМ должны рассматриваться как единая электромеханическая система, динамические характеристики и качество скользящего электрического контакта которой обусловлены параметрами и токоприемника, и контактной подвески. Форма полоза токоприемников высокоскоростного ЭПС должна соответствовать рис 12 .



**Рис.13 Форма полоза токоприемника: а – высокоскоростного ЭПС в соответствии с рис.В.3 EN 50367; б – по ГОСТ Р 32204-2013**

Рабочая высота полоза высокоскоростного токоприемника при движении ЭПС на новых участках ВСМ со скоростью выше 200 и до 400 км/ч должна находиться в диапазоне от 5570 до 6200 мм от УГР. При выходе высокоскоростного ЭПС на действующие участки контактной сети со скоростями ниже 250 км/ч токоприемник должен обеспечивать токосъем при максимальной высоте контактного провода 6800 мм от УГР. Статическое нажатие токоприемника  $F_0$  на переменном токе должно составлять  $70 \pm 10$  Н. 3.9.5

Аэродинамическая составляющая контактного нажатия  $F_A$  должна быть приближена к целевой зависимости (в ньютонах):

$$2 F V A = 0,00097 ,$$

где  $V$  – скорость движения ЭПС, км/ч.

Контактная сеть ВСМ должна быть рассчитана на эксплуатацию ЭПС с одним или двумя одновременно поднятыми токоприемниками. Расстояние между двумя рабочими токоприемниками должно составлять не менее 150 м и не более 400 м.

### **Искусственные сооружения**

При проектировании мостов и труб основной задачей является обеспечение: надежности в течении всего срока эксплуатации (долговечности), бесперебойности пропуска

высокоскоростного и технологического транспорта, комфорта перемещения пассажиров, удобства выполнения работ по техническому обслуживанию сооружений и их ремонтпригодности.

Все искусственные сооружения, расположенные на перегонах, как правило, следует проектировать двухпутными; расположенные на станциях - в соответствии с путевым развитием станции. При выполнении расчетных обоснований надежности искусственных сооружений все нагрузки от поездов (высокоскоростные, пассажирские, контейнерные, поезда обслуживания) следует учитывать два расчетных случая и два типа подвижных временных нагрузок:

1) Случай пропуска высокоскоростного поезда (далее ВСП) на проектной скорости (до 350 км/ч). В качестве нагрузок используются наборы сил от давления осей высокоскоростных поездов.

2) Случай проезда по сооружению поезда обслуживания.

При расчетах надежности воздействие от этих поездов учитывается нагрузкой железнодорожных путей СК по методикам СП 35.13330.2011 "Мосты и трубы" (далее СК). При этом класс нагрузки принимается равным 8,0 (далее С8). = Класс нагрузки  $K=8$  принят из условия, что усилия и напряжения в элементах конструкции от загрузки одного пути нагрузкой СК не превышают соответствующих значений при загрузке двух путей нагрузкой ВСП (с учетом динамического воздействия).

Основной нагрузкой (воздействием) следует считать нагрузку от высокоскоростных поездов. Первоочередными задачами проектирования следует считать выполнение требований надежности пропуска высокоскоростных пассажирских поездов и комфортности проезда пассажиров. При выборе вариантов конструктивных решений следует отдавать предпочтение тем, в которых эти требования обеспечены наиболее полно.

Одновременное появление на сооружении высокоскоростного поезда (ВСП) и пассажирского или контейнерного поездов допускается только в том случае, если в

этой ситуации значения прогибов и силовых факторов в элементах конструкций сооружения и элементах пути не превышают соответствующих значений при случае прохода двух высокоскоростных поездов.

При проектировании мостов для высокоскоростного движения должно быть уделено особое внимание динамическим расчетам конструкций, в том числе контролю резонансных явлений, а при проектировании большепролетных конструкций – вопросам аэродинамического взаимодействия высокоскоростного поезда и элементов конструкций, а также вопросам ветрового воздействия.

Для малых и средних мостов следует применять унифицированные конструктивные и технологические решения, специально разработанные на начальной стадии проектирования. Оптимальные конструктивные решения унифицированной серии пролетных строений должны быть разработаны с учетом результатов динамических расчетов на нагрузку от высокоскоростных поездов, в зависимости от типа верхнего строения пути на проектируемом участке магистрали и обоснованы на основании технико-экономического сравнения вариантов. Индивидуальное проектирование допустимо при разработке проектов больших и внеклассных мостов, мостов больших пролетов, при расположении мостов на участках со сложным продольным профилем, а также в иных обоснованных случаях.

Проектирование мостов и труб следует выполнять на основе результатов инженерных изысканий, выполненных с соблюдением требований государственных стандартов, норм, правил и инструкций, регламентирующих выполнение изыскательских работ. Виды проводимых инженерных изысканий устанавливаются заказчиком совместно с привлекаемой проектной организацией. Состав инженерных изысканий, методы выполнения и объемы отдельных видов работ, устанавливаются программой инженерных изысканий, разработанной организацией, проводящей изыскания по техническому заданию проектной организации, составленному на основе задания заказчика. Проектирование искусственных

сооружений железнодорожного пути без соответствующих достаточных данных инженерных изысканий не допускается.

Принимаемые проектные решения должны предусматривать меры по охране окружающей среды, по поддержанию экологического равновесия и охране флоры и фауны, минимизации шумового и иного негативного воздействия строительства и эксплуатации ВСМ в районах жилой застройки, а также обеспечивать рациональное расходование строительных материалов, экономию топливных и энергетических ресурсов при минимальной стоимости и трудоемкости строительства и эксплуатации.

На водотоках необходимо предусматривать безопасный пропуск под мостами и в трубах максимального расхода воды, а при необходимости – выполнение иных требований, в том числе судоходства.

При проектировании и строительстве следует учитывать перспективы развития сети ВСМ и иной дорожной сети, освоения земель в сельскохозяйственных и иных целях

Основные технические решения, принимаемые в проектах мостовых сооружений и труб, следует обосновывать путем сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов.

### **§3 Безопасность движения при реализации высокоскоростного железнодорожного сообщения**

Все составные части железнодорожного пути (земляное полотно, верхнее строение пути и другие) и элементы составных частей железнодорожного пути (рельсы, стрелочные переводы, рельсовые скрепления, шпалы, балласт и другие) по прочности, несущей способности и устойчивости должны обеспечивать безопасное движение высокоскоростного железнодорожного подвижного состава со скоростями до 400 км/ч.

Для обеспечения безопасности при проектировании должны устанавливаться следующие геометрические параметры кривых:

– круговые кривые на всем протяжении должны иметь постоянное значение радиуса;

– минимальная длина круговой кривой не должна быть менее 200 м при скоростях движения пассажирских поездов до 350 км/ч и не менее 250 м – при скоростях движения 351 – 400 км/ч;

– длину переходной кривой определяют исходя из обеспечения следующих требований:

а) допускаемое значение вертикальной составляющей скорости подъема колеса по возвышению наружного рельса не должно превышать 28 мм/с;

б) допускаемые значения крутизны отвода возвышения наружного рельса не должны превышать величин, соответствующих допускаемому значению вертикальной составляющей скорости подъема колеса в пределах отвода возвышения наружного рельса и реализуемой на данном участке максимальной скорости движения поездов;

в) допускаемая в пределах переходной кривой скорость нарастания непогашенного поперечного ускорения не должна превышать 0,4 м/с<sup>3</sup>;

– из значений длины переходной кривой, установленных в соответствии с перечисленными требованиями, в качестве окончательного значения должна приниматься наибольшая длина переходной кривой;

– длина прямой вставки между начальными точками соседних переходных кривых должна быть не менее 400 м; в трудных условиях при технико-экономическом обосновании длину прямой вставки допускается уменьшить до 300 м;

– радиус вертикальной кривой определяют с учетом ограничения наибольшей величины вертикального ускорения при следовании поездов по этой кривой (для обеспечения пассажирам комфортных условий поездки и плавности движения поездов), которое принимают:

а) для пассажирских поездов на выпуклых переломах профиля – не более 0,3 м/с<sup>2</sup> ;

б) для пассажирских поездов на вогнутых переломах профиля – не более 0,4 м/с<sup>2</sup> ;

– расстояние между конечной и начальной точками соседних вертикальных кривых, т.е. длина участка пути с постоянным уклоном продольного профиля, должна быть не менее 300 м; в трудных условиях длина участка пути с постоянным уклоном продольного профиля, расположенного между смежными вертикальными кривыми, может быть уменьшена до 200 м, при условии, что на этом участке поезда следуют в режиме тяги или холостого хода;

– для станционных путей, кроме главных, приемоотправочных и соединительных, по которым будет осуществляться пропуск высокоскоростного подвижного состава, допускается применять радиус вертикальной кривой не менее 900 м;

– закрестовинные кривые стрелочных переводов должны иметь радиус не менее минимального радиуса переводной кривой стрелочного перевода.

Уровень бровки земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям через водотоки при расположении пути вдоль водотоков и водоемов, а также верха укрепляемых откосов должен возвышаться на величину не менее 0,2 м над наивысшим расчетным уровнем воды исходя из следующей вероятности превышения расходов воды:

– для кюветов, нагорных канав, водоотводных канав в пределах нулевых мест и водосбросов – 1:100 (1,0%);

– продольных (у насыпей) и поперечных водоотводных канав – 1:25 (4,0%).

Конструкция бесстыкового пути должна исключать выбросы рельсошпальной решетки при одновременном воздействии поездных и температурных нагрузок.

Искусственные сооружения должны иметь устройства, предназначенные для безопасного обслуживания самих сооружений и путей (тротуары, убежища с перилами, мостовой настил, ниши, камеры, лестницы, сходы с перилами, специальные смотровые устройства и приспособления, оповестительная сигнализация). Состав и размещение устройств безопасного обслуживания сооружений определяется владельцем инфраструктуры в задании на проектирование в

соответствии с конкретными условиями дальнейшей эксплуатации.

В стрелочных переводах должна быть предотвращена возможность несанкционированного перевода острижков и подвижных частей крестовин во время движения высокоскоростного железнодорожного подвижного состава. Геометрические размеры поперечного сечения и конструктивные решения тоннелей должны устанавливаться с учетом минимизации величины избыточного аэродинамического давления, возникающего при входе в тоннель и движении в нем высокоскоростного железнодорожного подвижного состава, в соответствии со следующими требованиями к внутреннему поперечному сечению при скорости движения 400 км/ч:

- для однопутных тоннелей – не менее 75 м<sup>2</sup> ;
- для двухпутных тоннелей – 110 м<sup>2</sup> .

При проектировании объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта, включающих составные части железнодорожного пути, а также при проектировании продукции, включающей элементы составных частей железнодорожного пути, должны быть проведены специальные исследования для принятия решений по снижению колебаний аэродинамического давления в тоннелях, закрытых выемках и подземных станциях при проходе высокоскоростного железнодорожного подвижного состава со скоростью 400 км/ч.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе тоннеля не должно превышать их предельно допустимой концентрации, установленной нормативными техническими документами. При проектировании и строительстве железнодорожных путей не допускается их пересечение с автомобильными дорогами и линиями городского пассажирского транспорта на одном уровне. Проектирование пересечения железнодорожных путей с трубопроводами различного назначения, не входящими и входящими в состав инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта, возможно надземным или подземным (под

земляным полотном) способами с заключением (при подземном способе) трубопровода на заданном протяжении в защитную трубу или тоннель при соблюдении следующих параметров глубины:

а) толщину засыпки над звеньями или плитами перекрытия труб (включая пешеходные тоннели), а также над сводами мостов следует принимать не менее 1,5 м от верха звена (плиты перекрытия) трубы или верхней точки свода до бровки земляного полотна;

б) толщину засыпки над железобетонными трубами и пешеходными тоннелями, расположенными в пределах железнодорожных станций и остановочных пунктов, допускается принимать менее 1,0 м, при этом должны выполняться содержащиеся в п. 6.22 СП 35.13330.2011 указания по учету динамического воздействия временных нагрузок;

– не допускается устройство переходов трубопроводов в теле насыпи;

– при надземном пересечении железнодорожных путей с трубопроводами должно обеспечиваться соблюдение габарита приближения строений С 400. Места перехода людей, прогона скота и пути миграции диких животных через железнодорожные пути проектируются и оборудуются на разных уровнях.

Установленная скорость движения подвижного состава по стрелочному переводу на боковой путь не должна приводить к появлению поперечных ускорений, превышающих следующие допустимые значения для непогашенного поперечного ускорения на буксе:

– для высокоскоростных пассажирских поездов – ~ плюс 0,7 м/с<sup>2</sup> при скорости 250 км/ч и менее;

– для скоростных пассажирских поездов – ~ плюс 0,7 м/с<sup>2</sup>;

– для грузовых контейнерных поездов – ~ минус 0,3 м/с<sup>2</sup> (в трудных условиях – ~ минус 0,4 м/с<sup>2</sup>).

Уровень вибраций для расположенных вблизи железнодорожного пути населенных пунктов, зданий и сооружений при проходе высокоскоростного железнодорожного подвижного состава не должен превышать допустимых

значений, для чего должны быть выполнены следующие требования:

– разработку и выбор вариантов защиты от шума и вибрации следует осуществлять в соответствии с ГОСТ Р 54933-2012;

– выбор защитных мероприятий определяется расчетом, в соответствии с требуемым снижением шума и условиями прохождения трассы ВСМ.

– в качестве мероприятий по снижению шума применительно к конструкции верхнего строения пути следует применять:

а) шлифование рельсов;

б) использование вибродемпфирующих накладок на шейку рельса;

в) нанесение на шейку рельса виброшумопоглощающей мастики;

г) укладка под щебеночный балласт в уровне основной площадки земляного полотна демпфирующих подбалластных матов.

– при необходимости выполнения мероприятий по устройству виброзащитной конструкции безбалластного верхнего строения пути в тоннеле измерение вибраций следует выполнять в соответствии с ГОСТ 31185-2002.

Сооружения и устройства, расположенные в непосредственной близости вдоль железнодорожного пути, должны иметь места для укрытия обслуживающего персонала во время прохода высокоскоростного железнодорожного подвижного состава.

Железнодорожный путь должен оборудоваться шумозащитными сооружениями и устройствами для снижения уровня шума от высокоскоростного железнодорожного подвижного состава до допустимых значений.

Железнодорожный путь должен ограждаться на всем протяжении в целях недопущения несанкционированного проникновения на железнодорожные пути посторонних людей и животных с применением основного и дополнительного ограждения.

Диспетчерская централизация и диспетчерский контроль движения подвижного состава ВСМ должны обеспечивать:

- централизованное управление стрелками и светофорами одной или нескольких станций и перегонов железнодорожного пути из одного диспетчерского центра с обеспечением резервного управления устройствами электрической централизации на этих станциях и путевых постах;

- непрерывный контроль положения стрелок и свободности (занятости) перегонов, путей на станциях и прилегающих к станциям блок-участках, а также показаний входных, маршрутных и выходных светофоров;

- непрерывный контроль технического состояния устройств сигнализации, централизации и блокировки на станциях и перегонах;

- возможность изменения параметров движения при ложной занятости блок-участков, включая экстренную остановку подвижного состава ВСМ и передачу разрешения на движение высокоскоростного железнодорожного подвижного состава для проследования светофора с запрещающим показанием;

- передачу данных (объем и информативность данных определяет владелец инфраструктуры) для оповещения пассажиров о движении подвижного состава ВСМ, а также для оповещения работников, выполняющих работы на железнодорожных путях, о приближении высокоскоростного железнодорожного подвижного состава.

Сигнализация, централизация и блокировка на станциях и перегонах должна обеспечивать:

- пропуск подвижного состава ВСМ по установленным непересекающимся маршрутам со скоростями до 400 км/час в обоих направлениях на станциях и по каждому пути перегона;

- предотвращение (блокирование) входа подвижного состава ВСМ на участок железнодорожного пути, который занят другим подвижным составом ВСМ;

- контроль положения подвижного состава ВСМ, перевод стрелок, контроль их положения и наружное запираение

при приготовлении маршрута, а также управление светофорами и выполнение требуемой последовательности взаимозависимых операций;

- контроль технического состояния устройств и технических средств и при необходимости их резервирование (необходимость резервирования определяет владелец инфраструктуры);

- автоматическое оповещение о приближении подвижного состава ВСМ на железнодорожных станциях;

- недопущение перевода стрелок под высокоскоростным железнодорожным подвижным составом.

Железнодорожная электросвязь, составные части железнодорожной электросвязи и элементы составных частей железнодорожной электросвязи должны обеспечивать безопасное движение высокоскоростного железнодорожного подвижного состава со скоростью 400 км/ч и интервалом следования, установленным владельцем инфраструктуры.

Безопасность объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта и продукции должна обеспечиваться путем:

- а) осуществления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта и продукции;

- б) применения апробированных технических решений;

- в) установления назначенных сроков службы и (или) ресурсов продукции, а также проведения технического обслуживания и ремонта с необходимой периодичностью;

- г) проведения расчетов, основанных на апробированных методиках;

- д) выбора материалов и веществ, применяемых при проектировании (включая изыскания), производстве, строительстве, монтаже, наладке, приемке и вводе в эксплуатацию объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта и продукции в зависимости от параметров и условий эксплуатации;

- е) установления критериев предельных состояний продукции;
- ж) соблюдения требований проекта и осуществления проектировщиком авторского надзора;
- з) определения условий и способов утилизации продукции;
- и) установления параметров опасных погодных явлений для высокоскоростного железнодорожного транспорта и организации инструментального мониторинга за возникновением этих опасных погодных явлений;
- к) проведения оценки соответствия продукции.

При проектировании высокоскоростного железнодорожного подвижного состава проектировщик (разработчик) должен предусматривать аварийные краш-системы для защиты обслуживающего персонала и (или) пассажиров в случае столкновения и (или) схода высокоскоростного железнодорожного подвижного состава. Системы управления, контроля и безопасности высокоскоростного железнодорожного подвижного состава должны обеспечивать его работоспособное состояние во всех предусмотренных режимах работы и при всех внешних воздействиях, предусмотренных в руководстве по эксплуатации. Системы управления и контроля высокоскоростного железнодорожного подвижного состава должны исключать создание опасных ситуаций при возможных логических ошибках и из-за нарушения обслуживающим персоналом правильности управляющих действий. Данные системы должны включать средства предупредительной сигнализации и средства информирования, предупреждающие о нарушениях исправного состояния высокоскоростного железнодорожного подвижного состава и его составных частей, которые могут привести к возникновению опасных ситуаций.

Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав должен оснащаться аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.

Конструкция кабины машиниста высокоскоростного железнодорожного подвижного состава должна обеспечивать:

а) локомотивной бригаде, находящейся в положении "сидя" и "стоя", беспрепятственный обзор пути следования, напольных сигналов, соседних путей, составов и контактной сети;

б) локомотивной бригаде, находящейся в положении "стоя", видимость (при подъезде к составу вагонов) одного из работников локомотивной бригады, а также видимость рабочей зоны персонала, участвующего в маневрах;

в) беспрепятственный обзор из кабины машиниста в любое время года и суток, при любых погодных условиях, на всех скоростях движения.

Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав должен оборудоваться автоматическими тормозами, обеспечивающими при торможении состава замедление или остановку в пределах расчетного тормозного пути. Автоматические тормоза высокоскоростного железнодорожного подвижного состава должны обладать необходимой функциональностью и надежностью в различных условиях эксплуатации, обеспечивать плавность торможения, а также остановку высокоскоростного железнодорожного подвижного состава при нарушении целостности тормозной магистрали или при несанкционированном расцеплении единиц высокоскоростного железнодорожного подвижного состава.

Автоматические тормоза должны обеспечивать возможность применения различных режимов торможения в зависимости от длины высокоскоростного железнодорожного подвижного состава и профиля железнодорожного пути.

Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав должен оборудоваться стояночными тормозами. Стояночные тормоза высокоскоростного железнодорожного подвижного состава должны обеспечивать расчетное тормозное нажатие и удержание единицы высокоскоростного железнодорожного подвижного состава в пределах допустимых значений.

Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав должен оборудоваться системами пожарной сигнализации, установками пожаротушения, специальными местами для размещения огнетушителей, противопожарного инвентаря.

Система пожарной сигнализации должна выдавать акустическую и (или) оптическую информацию с указанием места возникновения загорания, автоматически определять неисправности (короткое замыкание, обрыв) в линиях связи извещателей с приемно-контрольным прибором, а также обеспечивать возможность периодической проверки исправности устройств пожарной сигнализации.

Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав должен оборудоваться звуковыми сигнальными устройствами большой громкости (тифоны) и малой громкости (свистки). Устройство для включения тифона и свистка должно располагаться в зоне оптимальной досягаемости машиниста и помощника машиниста. Система управления звуковыми сигналами должна дублироваться путем включения в нее устройства для непосредственного прямого управления воздушным клапаном тифона.

Токоприемник высокоскоростного железнодорожного подвижного состава должен иметь устройство аварийного опускания при наезде на препятствие, расположенное ниже поверхности трения контактного провода. Отношение аэродинамической составляющей нажатия полоза токоприемника высокоскоростного железнодорожного подвижного состава на контактный провод к статическому нажатию не должно превышать допустимые значения.

#### **§4 Высокоскоростные железнодорожные магистрали в России Общая информация**

Во второй половине XIX века Россия стала крупнейшей железнодорожной державой.

При этом наряду с постоянным увеличением протяженности сети железных дорог шло активное наращивание скоростей движения поездов, и в начале прошлого века на линии Санкт-Петербург — Москва курьерские экспрессы достигали скорости 110 км в час. В 1960-е годы между

столицами ходил самый быстрый советский поезд «Аврора», развивавший скорость до 160 км/ч и покрывавший расстояние в 650 км за 4 часа 59 минут.

Однако уже тогда стало ясно, что для дальнейшего наращивания результатов нужно строить специальные высокоскоростные пассажирские магистрали, а опыт эксплуатации первой в мире ВСМ в Японии доказал полную техническую, экономическую и социальную обоснованность подобных проектов.

В конце 1960-х — первой половине 1970-х годов в СССР отраслевыми институтами по заданию министерства путей сообщения был проведен комплекс работ по изучению дальнейших путей качественного улучшения работы пассажирского хозяйства. Ученые пришли к выводу, что требуемый эффект может дать строительство отдельных высокоскоростных пассажирских линий со скоростью движения поездов 250 км в час, в первую очередь на полигоне Центр — Юг, или Москва — Кавказ, Крым. В 1975 г. научно-технический совет МПС признал целесообразным разработать технико-экономическое обоснование данного проекта.

Однако обстановка в стране в то время не позволила заняться строительством новой магистрали, и к этим планам вернулись уже в ходе так называемой перестройки. В 1988 г. по инициативе МПС постановлением Совета Министров СССР № 1474 была утверждена Государственная научно-техническая программа «Высокоскоростной экологически чистый транспорт». В рамках ее исполнения ВНИИЖТ под руководством первого заместителя директора, д.т.н. Евгения Сотникова подготовил Научный проект, в котором были обоснованы все основные вопросы создания ВСМ. При этом в полигон Центр — Юг было включено и направление Ленинград — Москва.

В 1988-1990 гг. тема высокоскоростного движения самым активным образом обсуждалась в отрасли: проходили научно-практические конференции, публиковались статьи, рождались новые технические и экономические разработки. По заданию Октябрьской железной дороги «Ленгипротранс»,

возглавляемый Львом Данильчиком, начал работу по подготовке ТЭО проекта ВСМ Ленинград — Москва под скорость 300-350 км в час.

В марте 1991 г. Государственная экспертная комиссия Госплана СССР одобрила и признала перспективной разработку идеи ВСМ Ленинград — Москва в качестве самостоятельной научно-технической задачи. Тогда же коллегия МПС поставила реализацию этого проекта непосредственно на повестку дня, назвав его прорывом к новым техническим и технологическим рубежам, новым транспортным продуктом XXI века.

В стране проходили революционные общественные перемены, и 13 сентября 1991 г. президент РФ Борис Ельцин подписал указ № 120 «О создании высокоскоростной пассажирской железнодорожной магистрали Санкт-Петербург — Москва». Для его реализации было образовано РАО «Высокоскоростные магистрали», которое возглавил Алексей Большаков, а после его ухода в правительство генеральным директором компании с 1994 по 2005 г. работал Владимир Тулаев. Председателем совета директоров РАО в 1991 — 1996 гг. являлся начальник Октябрьской железной дороги Анатолий Зайцев, а когда он был назначен министром путей сообщения, его сменил на этом посту новый руководитель ОЖД Вадим Морозов.

В 1990-ые годы проект ВСМ активно развивался по целому ряду направлений. В частности, принимались необходимые оперативные правительственные решения, был разработан и осуществлен основной инвестиционный механизм строительства — привлечение частного капитала под государственные гарантии, подготовлено ТЭО, проведены необходимые государственные и общественные экспертизы, начато строительство ряда объектов, например, вокзального комплекса в Санкт-Петербурге. Также уже готовился под непосредственную застройку участок трассы Санкт-Петербург — Новгород. Параллельно под руководством академика Игоря Спасского шло проектирование и строительство, а также производилась обкатка отечественного высокоскоростного поезда "Сокол".

Электропоезд «Сокол» разработан в ЦКБ морской техники «Рубин». Он создавался совместными усилиями около шестидесяти предприятий, в том числе ЦНИИ Судовой электротехники и технологии, судостроительной фирмы «Алмаз», Тихвинского завода транспортного машиностроения «Титран». Высокоскоростная тележка для вагона создавалась во ВНИИ «Трансмаш», исследования по прочности вагонных корпусов проводились в ЦНИИ судостроения имени академика А. Н. Крылова, бортовая система компьютерного управления разрабатывалась в НПО «Аврора». Общая сумма затрат на проект составила 450 миллионов долларов.

Испытания подтвердили возможность создания современного высокоскоростного экономичного подвижного состава, контактной сети и систем безопасности на магистрали Москва—Петербург. Во время испытаний в 2001—2002 годах государственная комиссия обнаружила 25 недостатков, непосредственно связанных с безопасностью движения.

В ходе приёмочных испытаний в июне 2001 года, на перегоне Дорошиха — Лихославль, электропоезд установил рекорд скорости в 236 км/ч.

Среди недостатков поезда были отмечены:

- коэффициент запаса сопротивления усталости сварных швов стали АБ2-2 в наиболее нагруженных узлах рамы тележки составляет 0,85-1,8 при минимально допустимом показателе не менее 2,0;
- у моторных вагонов наблюдается перегрев тормозных дисков до 500 градусов при допустимом перегреве не более 80 градусов. Сбои в работе антиблокировочной (противоюзной) системы приводят к несанкционированному наполнению воздухом тормозных цилиндров, что угрожает заклиниванием колесных пар. Конструкция и материалы накладок дискового тормоза не обеспечивают требуемого ресурса 300000 км. Система привода магниторельсового тормоза не обеспечивает параллельного отпускания и удержания башмаков на рельсах при торможении, что угрожает безопасности движения по стрелочным переводам;

- при существующей конструкции токоприемник ТП-250 не может быть использован для постоянной эксплуатации;
- системы жизнеобеспечения:
- не реализована двухуровневая обработка воздуха в салоне;
- превышены уровни шума в кабине при работе кондиционера и вентиляции;
- не обеспечена требуемая герметичность вагона;
- подвижность воздуха на пассажирских местах, расположенных у окон, в 2,5 раза выше максимально допустимой;
- в воздушной среде пассажирских салонов превышены уровни предельно допустимых концентраций продуктов деструкции полимерных конструкционных материалов обшивки вагонов;
- система воздухопроводов не обеспечивает безопасность пассажиров в случае пожара;
- теплотехнические качества окон и теплоизоляция вагонов не соответствуют техническим требованиям.

По этим и ряду других причин Межведомственная комиссия пришла к заключению, что ввод в эксплуатацию с пассажирами опытного поезда «Сокол» в то время был невозможен. По состоянию на октябрь 2012 года поезд находился в депо Металлострой Колпинского района Санкт-Петербурга и готовился к разделению на две секции и отправке в два музея — в Санкт-Петербург и Москву.

Дефолт 1998 г. нарушил финансирование проекта ВСМ «Москва-Санкт-Петербург», темпы его реализации резко замедлились, а целый ряд работ был свернут. Тем не менее, в 2004 г. назначенный министром транспорта РФ Игорь Левитин выступил за возобновление строительства высокоскоростной магистрали. Эти планы поддержал и новый президент ОАО «Российские железные дороги» Владимир Якунин. Генеральным директором РАО «ВСМ» был назначен Владимир Воронин.

Между тем структурная перестройка отрасли потребовала совершенствования управления проектом. 4 июля

2006 г. совет директоров ОАО «РЖД» одобрил создание дочернего общества «Скоростные магистрали», которое стало головным предприятием по строительству ВСМ. В апреле 2009 г. состоялся Технико-экономический совет ОАО «РЖД», принявший ряд конструктивных решений по дальнейшей работе, в частности, проектированию трассы по Западному варианту. Примерно в это же время проект был внесен и в стратегические государственные программы — в Транспортную стратегию РФ и в Стратегию развития железнодорожного транспорта до 2030 г.

16 марта 2010 г. президент РФ Дмитрий Медведев подписал Указ № 321 «О мерах по организации движения высокоскоростного железнодорожного транспорта в РФ», в котором Правительству предписывалось до конца 2010 года утвердить комплекс первоочередных задач, включая нормативные, технические, финансовые, кадровые, организационные и иные аспекты. Единственным исполнителем по осуществлению функций заказчика при проектировании ВСМ было назначено ОАО «Российские железные дороги».

Глава компании Владимир Якунин в этой связи заявил, что с принятием этого документа начинается «принципиально новая эра в истории железных дорог и высокоскоростное движение в России перейдет на качественно иной уровень». Предполагается, что в обозримом будущем в России появится целая сеть высокоскоростных железных дорог, включая такие направления, как Москва — Санкт-Петербург, Москва — Нижний Новгород — Казань — Самара, Казань — Екатеринбург и др. В настоящее время ведутся работы по реализации Указа президента Российской Федерации.

27 мая 2013 года на совещании о перспективах развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в Сочи Президент РФ Владимир Путин объявил о решении построить в 2014-2018 гг. первую в России ВСМ Москва—Казань с возможностью в дальнейшем продления до Екатеринбурга и Ульяновска. Инвестиции в проект Москва—Казань составят более 1 трлн рублей. Реализация поручена

дочерней структуре ОАО «РЖД» — ОАО «Скоростные магистрали».

По линии ВСМ будут курсировать высокоскоростные поезда (со скоростями до 400 км/ч); ускоренные региональные поезда (с маршрутами до 200 км и скоростями до 200 км/ч); ускоренные ночные дальнемагистральные поезда; грузовые и контейнерные поезда (со скоростями до 160 км/ч).

Предполагается, что время нахождения в пути следования высокоскоростных поездов между Москвой и Казанью (770 км) будет составлять 3,5 часа, в перспективе между конечными станциями Москва и Екатеринбург (1595 км) — не более 8 часов. После открытия участка ВСМ Москва — Казань время в пути от Москвы до Екатеринбурга по комбинированной трассе составит 14 часов (ночной поезд).

Поезда ВСМ будут отправляться с Курского вокзала, который в перспективе станет местом схождения двух линий ВСМ — до Казани и до Адлера.

Проект включён в прогноз социально-экономического развития России до 2030 года, актуализированную транспортную стратегию до 2030 года, предусмотрен генеральной схемой развития железных дорог РФ. Проект является приоритетным для выделения средств Фонда национального благосостояния.

### **Подвижной состав для ВСМ-2 «Москва-Казань»**

Высокоскоростные поезда являются одним из важнейших и самым красивым компонентом высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры. Технически очень сложные, внешне впечатляющие и необыкновенно красивые, высокоскоростные поезда уже много лет являются реальностью во многих развитых странах мира. Они быстры, вместительны, комфортны и функциональны.

Предложены различные варианты поездов для эксплуатации по маршруту ВСМ-2 «Москва-Казань»:

1. Ведущая французская компания по разработке и эксплуатации подвижного состава «AlstomTransport» совместно с «Трансмашхолдинг» предлагают следующие модели поездов:
  - AGVRUS состоящий из 11 вагонов. Максимальная скорость 360 км/ч. Количество мест -510;
  - AGVRUS состоящий из 14 вагонов. Максимальная скорость 360 км/ч. Количество мест -654.

2. Канадская компания «Bombordier Transportation» предлагает поезда семейства «Zefiro». Поезда «Zefiro» представляют собой сочетание традиционных технологий и ряда инновационных разработок. Существует несколько модификаций, каждая из которых адаптирована к конкретной скорости – 250 км/ч, 300 км/ч и 360 км/ч. В состав входит 8 или 16 вагонов.

«Zefiro» — это поезд с одноэтажными вагонами и распределенной тягой, состоящий из моторных (тяговых), прицепных и тяговых концевых вагонов. Корпуса выполнены с применением алюминиевых конструкций (за исключением широкого «Zefiro 250» из нержавеющей стали), с индивидуальной внутренней планировкой.

Поезда состояются из групп по 4 вагона; каждая группа имеет трансформатор и привод. Обычно концевые вагоны имеют моторные тележки, два средних вагона — безмоторные. Пантограф размещается на одном из безмоторных вагонов.

По спецификации 2009 года применяются асинхронные трёхфазные приводы с воздушным охлаждением, опционально предлагаются синхронные двигатели с постоянными магнитами, протестированные на поездах «Regina» в 2008 году.

Первый вариант «Zefiro» построен в серии из двадцати 16-вагонных электропоездов со спальными местами на заводе «Sifang Power (Qingdao) Transportation», поставки начались в 2009 году. Это первые высокоскоростные поезда, произведённые в Китае (по лицензии).

Для оптимизации расхода поездом электроэнергии применен ряд технологий, например, термоэффективная

акклиматизационная система позволяет уменьшить потребление электроэнергии на 38% по сравнению с традиционными системами. Оптимизированный аэродинамический дизайн позволяет сократить потребление электроэнергии на 9% за счет уменьшения трения при движении поезда. Сопротивление ветру лобовой части поезда, оконечности поезда, пантографов и прочего оборудования – минимально. Все эти преимущества были достигнуты в тесном сотрудничестве с отделом по разработке аэрокосмических технологий компании.

Система предупреждения машиниста обеспечивает экономию потребления энергии из расчета на одного пассажира до 14%. Система также оптимизирует показатель разгона или торможения, предупреждая потерю электроэнергии в результате чрезмерного разгона или торможения. Более того, система предупреждает машиниста о предпочтительной силе тяги и о заданной скорости движения состава. Эта информация обновляется в режиме реального времени с учетом положения и времени. Динамическое обеспечение временных промежутков делает возможным энергоэффективное управление парком.

Движение состава обеспечивается работой традиционных асинхронных двигателей с принудительной системой охлаждения. Общая мощность двигателей состава из восьми вагонов составляет 8 800кВт, при этом его предельно возможная скорость – 300 км/ч. С учетом современной тенденции к использованию в железнодорожной промышленности двигателей с постоянным магнитом (permanent magnet motors - РММ), система спроектирована таким образом, чтобы она могла быть соответственным образом модифицирована под установку таких двигателей в будущем.

Двигатели РММ потенциально могут снизить расход электричества на два процента. При высокой скорости двигатель такой конструкции обеспечивает экономный расход энергии и снижает массу моторизированных тележек, уменьшая, соответственно, общую массу состава. В двигателе с постоянными магнитами электромагнитное взаимодействие происходит внутри движительной системы. Магнитное поле создается постоянными магнитами и используются

керамические материалы, обладающие высокой устойчивостью к влиянию окружающей среды и особенно – к влажности, высоким температурам и коррозии. Материалы, из которых изготавливаются магниты для применения в железнодорожной отрасли, являются составными элементами, не обладающими магнитными свойствами, такими как алюминий и магний, и магнитными составными материалами, которые называются ферромагнитами, такими как феррит бария (BaFe), железо и кобальт. Двигатели с постоянными магнитами изготавливаются с использованием химических материалов, включая такой редкий металл, как вольфрам.

Система контроля управления расходом энергии также позволяет снизить на 10% дополнительное энергопотребление «Zefiro». Система управляет потреблением электроэнергии всех потребителей электросети состава. Система состоит из дисплея расхода электроэнергии, измерения расхода электроэнергии и «умного» стабилизирующего устройства, интеллектуальным методом снижающего ненужную дополнительную нагрузку.

На каждый вагон требуется две тележки и, соответственно, восьмивагонный состав включает 32 оси, 16 из которых будут моторизованными. Конструкция каждого вагона через один включает две моторизованных тележки. Трансформаторы, преобразователи и электрооборудование расположены под полом.

Предложены три варианта для эксплуатации на участке ВСМ-2:

- «Zefiro 250» состоящий из 8 или 16 вагонов - максимальная скорость 250 км/ч. Количество мест -518;
- «V300 Zefiro» состоящий из 8 вагонов - максимальная скорость 360 км/ч. Количество мест -600;
- «Zefiro 380» состоящий из 8 вагонов - максимальная скорость 380 км/ч. Количество мест -664.

3. Компания «Siemens Transportation Systems» с поездами «Velaro», эволюционной версией «ICE 3», был полностью разработан «Siemens» и стал первым полноценным продуктом компании в независимом выходе на рынок высокоскоростных поездов.

Технология «Velaro» была привлекательной для операторов поездов по всему миру, которые считали локомотивные поезда TGV компании «Alstom» слишком громоздкими и менее емкими.

В результате «Siemens» обеспечил огромные заказы своих высокоскоростных поездов крупными контрактами с Испанией, Россией, Китаем и Германией.

В мае 2006 года ОАО «РЖД» и «Siemens Transportation Systems» подписали соглашение о поставке (стоимость контракта 276 млн евро) 8 высокоскоростных поездов «Velaro» (под наименованием «Сапсан»), способных развивать скорость до 250 км/ч (возможно увеличение до 350 км/ч). Также заключён договор (354,1 млн евро) об их сервисном обслуживании в течение 30 лет или на пробег не менее 14 млн км. Русская версия названа так в честь сокола-сапсана (*Falco peregrinus*) из отряда соколиных, самой быстрой птицы в мире.

Версия «Velaro Rus» для России и Китая была адаптирована под более широкие колеи, поэтому поезда там просторней и предлагают больше мест. "Сапсан" был запущен по маршруту Москва — Санкт-Петербург в декабре 2009 года. На существующей железнодорожной линии, не предназначенной для высокоскоростного движения, он может развивать скорость лишь до 160 км / ч, но он с легкостью может быть модернизирован до достижения скорости 205 миль / ч. У поезда, изготовленного для России, есть отличительная черта — способность выдерживать температуру до — 58 градусов по Цельсию, благодаря специально изготовленной стали, резине и пластмассе.

Для эксплуатации в России потребовалось внести ряд конструктивных изменений:

- тележки адаптированы для колеи 1520 мм и конструктивных особенностей верхнего строения пути;
- ликвидирован магниторельсовый тормоз;
- поезда способны работать при температуре наружного воздуха до -50 °С;
- применён более высокий уровень герметизации подвагонного пространства;

- воздухозаборники вынесены на крышу;
- для предотвращения попадания в них мелкого снега, ширина кузова увеличена на 33 см, что связано с габаритом подвижного состава СНГ;
- изменена форма лобовой части головного вагона для сохранения возможности вести поезд стоя;
- мощность прожектора увеличена в 8 раз;
- система управления поездом совместима с российскими устройствами связи и СЦБ;
- конструкционная скорость поезда составляет 250 км/ч.

Для ВСМ-2 предложена усовершенствованная версия поездов под названием «VelaroRus+». Главная отличительная черта заключается в том, что скорость данного поезда составляет 350 км/ч., а также улучшен дизайн головного вагона для оптимизации аэродинамики спойлера.

### **Оценка экономической целесообразности строительства ВСМ-2 «Москва-Казань» при участии частных инвесторов в финансировании проекта**

Первым этапом организации высокоскоростного железнодорожного движения в Российской Федерации станет строительство участка Москва — Казань линии ВСМ-2, который пройдет по территории 7 субъектов Российской Федерации: Москва и Московская область, Владимирская и Нижегородская область, Чувашская Республика, Республика Марий Эл и Республика Татарстан. Дальнейшее развитие линии предусматривает ее продление до Екатеринбурга. Общая прогнозная стоимость реализации проекта, согласно данным ОАО «Скоростные магистрали», составляет 1 068,3 млрд. руб (на 2014 год).

Структура капитальных вложений проекта в ценах соответствующих лет приведена в таблице 6.

Таблица 6.

Распределение капитальных вложений по участкам линии  
ВСМ-2, в млрд. руб.

Объекты	Участок 1 «Москва- Владимир»	Участок 2 «Владимир- Нижний Новгород»	Участок 3 «Нижний Новгород- Чебоксары»	Участок 4 «Чебоксары -Казань»	Итого
Верхнее и нижнее строение пути	191,1	226,9	232,0	136,9	786,9
Инженерные сети	18,8	18,3	18,7	10,7	66,5
Связь	-	-	-	-	48,3
Автомобильные дороги	13,1	15,4	15,7	9,6	53,8
Вокзалы	-	-	-	-	37,0
Депо	-	-	-	-	25,7
Подвижной состав	-	-	-	-	50,1
<b>Итого</b>	<b>223,0</b>	<b>260,1</b>	<b>266,4</b>	<b>157,2</b>	<b>1068,3</b>

Предложенная ОАО «Скоростные магистрали» схема финансирования проекта подразумевает соотношение денежных средств среди участников, представленных на рисунке 14.



Рис. 14 Распределение денежных средств всех участников в проекте

Для определения чистого дисконтированного дохода по проекту ВСМ-2 учитываются денежные средства, привлеченные на возвратной основе. Сумма средств составляет 656 млрд. руб.

В первый год запуска проекта оператор ВСМ, по прогнозам монополии, заработает на перевозках 15,4 млрд. руб. В 2019 году выручка компании должна вырасти до 30,78 млрд. руб., а к 2040 году – до 100,1 млрд. руб. в год.

Доходы также учитывают годовую эффект от сдачи площадей в аренду, который в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$\text{Э}a = \sum_i Ca \bullet Si \bullet 12, \quad (9)$$

где  $Ca$  - арендная ставка тыс. руб. /м<sup>2</sup> в месяц за использование вокзальных помещений;

$n$ - количество помещений  $i$ -ой площади;

$Si$ - площадь  $i$ -ого помещения;

Для точности учета требований, которые инвесторы предъявляют к норме дохода, необходимо рассчитать стоимость авансируемого капитала, которая может быть вычислена как средневзвешенная средняя арифметическая величина и имеет следующий вид:

$$\text{Екап.}=(34,14*10+22,86*2+21,19*6,94+6,57*15+15,24*7,75)/100=7,51\%$$

В расчете стоимости авансируемого капитала учтены доли вложения средств со стороны каждого участника, участвующего финансировании на возвратной основе.

При определении чистого дисконтированного дохода от реализации проекта учитывается модифицированная норма дохода [10], которая в свою очередь охватывает такие составляющие как:

- $\text{Екап}$ - норма авансируемого капитала;
- $i$ - инфляция (6,3%);
- $r$ - риски (1%).

В общем виде формула расчета модифицированной нормы дохода имеет следующий вид:

$$\text{Ем} = \text{Екап} + i + \text{Екап} * i + z, \quad (10)$$

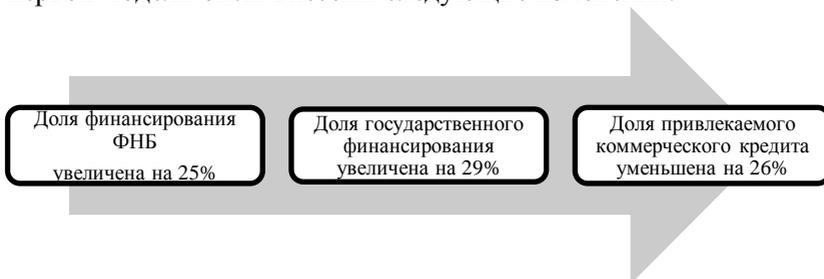
Для проекта ВСМ-2 расчет  $E_m$  был произведен следующим образом:

$$E_m = E_{\text{кап}} + i + E_{\text{кап}} * i + r = 7,51 + 6,3 + 0,751 * 6,3 + 1 = 15,28 \%$$

При расчете чистого дисконтированного дохода, согласно представленной ОАО «Скоростные магистрали» схеме финансирования, было выявлено, что при сроке окупаемости в 20 лет внутренняя норма дохода составляет всего лишь 1,34%, при увеличении срока окупаемости до 25 лет этот показатель составил 3,68%, а при 30 годах - 5%. Данные показатели намного ниже рассчитанной модифицированной нормы дохода - 14,41%. За расчетный период в 60 лет размер чистого дисконтированного дохода - ЧДД (или NPV - net present value) характеризуется отрицательным значением и как следствие проект коммерчески не эффективен.

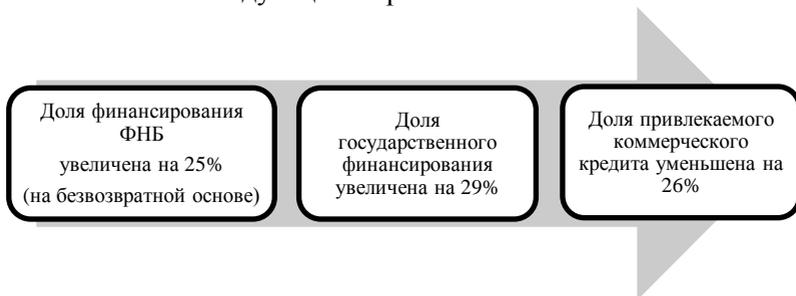
Максимально возможная сумма привлеченных средств, с условием доходности 10% и при сроке окупаемости в 20 лет, которая составляет 265 млрд.руб.

Для анализа возможности достижения положительной коммерческой эффективности проекта были рассмотрены две измененные модели вложения денежных средств. Согласно первой модели были внесены следующие изменения:



Определение значения внутренней нормы доходности - ВНД (или IRR - internal rate of return), которое составляет 5,51% при сроке окупаемости в 30 лет, позволяет прийти к выводу о том, что полученный результат ниже ставки инфляции, а рассчитанный NPV при рассматриваемом сроке в 60 лет характеризуется отрицательным значением.

Согласно второй модели структура финансирования была изменена следующим образом:



При условии привлечения средств ФНБ на безвозвратной основе и сроке окупаемости в 30 лет IRR проекта составляет 7,96%, что выше ставки инфляции, но ниже модифицированной нормы дохода (15,28%). В данной модели NPV при рассматриваемом сроке в 50 лет также характеризуется отрицательным значением.

Основываясь на выполненных расчетах можно сделать вывод, об отрицательной коммерческой эффективности проекта, а также необходимости увеличения доли государственного финансирования на безвозмездной основе.

## **§5 Анализ отдельных социально-экономических эффектов при определении экономической эффективности строительства ВСМ**

### **Классификация эффектов**

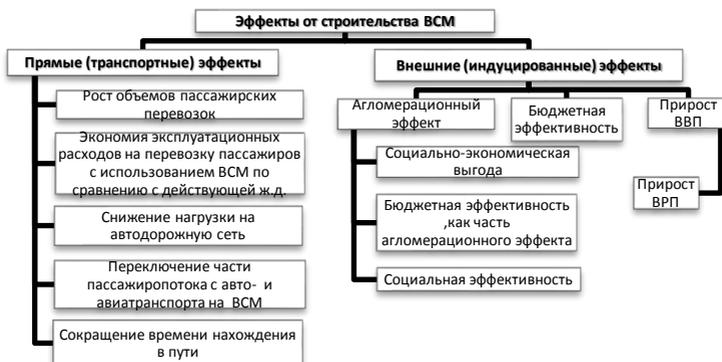
Крупные инфраструктурные проекты, частично финансируемые государством, необходимо оценивать не только с коммерческой позиции (коммерческой эффективности), но и с позиции результатов для всего общества (общественная эффективность). Крупномасштабное строительство существенно затрагивает экономику регионов, в которых реализуется проект, а также влияет на слои населения, которых затрагивает проект.

Показатели общественной эффективности раскрывают социально-экономические последствия осуществления проекта для общества в целом как непосредственные результаты и

затраты, так и «внешние» в смежных секторах экономики, экологии, социальные и внеэкономические эффекты.[20]

Строительство и ввод в эксплуатацию высокоскоростной магистрали окажет влияние на развитие и экономический рост регионов, затронутых реализацией данного проекта.

Эффекты от строительства высокоскоростной магистрали можно представить в следующем виде:



Рассматриваемые **прямые эффекты** имеют значение непосредственно для транспортной отрасли. В качестве прямых эффектов можно рассматривать рост объемов пассажирских перевозок, снижение нагрузки на автодорожную сеть, рост доходов железных дорог в результате переключения части пассажиропотока с авиационного и автомобильного транспорта на ВСМ.

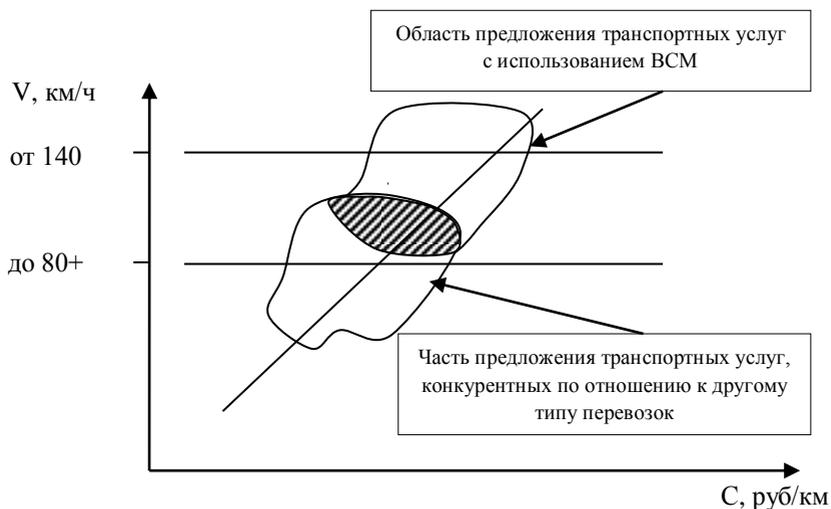
Переключение пассажиропотока с воздушного транспорта на ВСМ происходит в случае, если суммарные затраты на поездку на поезде (стоимость поездки и время поездки) ниже уровня расходов на авиaperелет.

Строительство и последующая эксплуатация высокоскоростных магистралей в РФ приведет к необходимости расширения целого ряда различных производств, а также к увеличению объемов рынка в некоторых сегментах железнодорожной отрасли. Отметим, что развитие системы ВСМ повлечет за собой возникновение нескольких принципиально новых производств, рынков товаров и услуг, что

с допущением частных инвесторов, будет способствовать развитию конкурентной среды в железнодорожной отрасли.

Расширение номенклатуры оказываемых транспортных услуг приведет к возможности выбора у их потребителя, что в свою очередь, окажет влияние на усиление конкурентной борьбы за потребителя, улучшению качества услуг, контролю над себестоимостью и т.д., как внутри отрасли, так и между железнодорожными и другими видами транспорта.

На рисунке представлено предложение транспортных услуг, включающее в себя как использование высокоскоростных магистралей, так и существующих железнодорожных линий по данному направлению.



**Рис. 15** Предложение транспортных услуг по данному направлению

Области предложения услуг высокоскоростных поездов и традиционных, заданные в зависимости от скорости ( $V$ , км/ч) и стоимости ( $C$ , руб/км), отчасти накладываются друг на друга. Это - тот сегмент транспортных услуг, где наиболее вероятна серьезная конкуренция за потребителя. Это необходимо

учитывать при маркетинговом позиционировании на рынке услуг ВСМ.

Из факторов, влияющих на выбор в пользу ВСМ, можно выделить следующие:

- значительное сокращение времени нахождения в пути;
- комфорт;
- удобные точки соединения с другими видами транспорта (ж.д. вокзал – метро).

**Внешние (индуцированные) эффекты** распространяются не только на секторы транспортной отрасли, но и на различные секторы экономики, а именно оказывают влияние на рост бюджетной эффективности, прирост ВВП, а также формирование агломераций и как следствие эффектов, возникающих в ходе этого процесса.

### **Эффект от сокращения нахождения в пути**

Одним из существенных критериев выбора транспорта для пассажиров является наименьшее время нахождения в пути.

Годовой эффект от сокращения времени нахождения в пути можно представить в виде формулы:

$$\mathcal{E}t = \Delta t \bullet Q \bullet C, \quad (11)$$

где  $\Delta t$  – сокращение времени нахождения в пути, ч.;

$Q$  – годовой пассажиропоток на данном направлении, млн. чел.-год;

$C$  – средняя стоимость 1 пассажиро-часа, руб.

Данный эффект можно рассчитать как для линии в целом, так и для отдельных направлений маршрута, учитывая пассажиропоток на данных участках.

### **Агломерационный эффект Основные понятия и этапы формирования агломераций**

Актуальность выравнивания уровней доходов и инновационного развития для удаленных территорий делает развитие ВСМ для России особенно важным ввиду агломерационного эффекта.

Для понимания сути агломерационного эффекта, необходимо дать определение термину **«агломерация»**.

**Агломерация** – это компактное скопление населенных пунктов, главным образом городских, местами срастающихся, объединенных в сложную многокомпонентную динамическую систему с интенсивными производственными, транспортными и культурными связями.

Основными признаками современных городских агломераций являются:

- компактность – компактное расположение населенных пунктов, главным образом городских;
- наличие транспортных коридоров, позволяющих обеспечивать взаимодействие различных видов транспорта и общность средств доставки населения и грузов;
- доступность (1,5-часовая), которая позволяет при наличии развитой системы транспортных коридоров расширить границы агломерации (при условии других факторов экономической целесообразности);
- концентрация промышленного производства и трудовых ресурсов, что на территории городской агломерации обязательно;
- высокая плотность населения – концентрация значительных масс населения вдоль транспортных коридоров;
- тесные экономические связи – комбинирование и кооперирование промышленных предприятий при производстве и потреблении промышленной и сельскохозяйственной продукции (показатель – более мощные грузопотоки в пределах агломерации по сравнению с внешними грузопотоками);
- тесные трудовые связи: часть работающих на предприятиях и в учреждениях одного поселения проживают в других поселениях, т.е. в пределах агломерации наблюдается взаимосвязанное расселение, и происходят ежедневные маятниковые трудовые миграции между главным городом и поселениями пригородной зоны, а также между этими поселениями;
- тесные культурно-бытовые и рекреационные связи: учреждения или места отдыха одного или нескольких поселений частично

обслуживают жителей других поселений, происходят ежедневные или еженедельные маятниковые миграции с культурно-бытовыми или рекреационными целями;

- тесные административно-политические и организационно-хозяйственные связи, которые реализуются посредством регулярных деловых поездок между поселениями агломерации по делам бизнеса, службы и общественной работы
- высокий уровень функциональной связанности – сближенность составляющих городскую агломерацию поселений и их функциональная взаимодополняемость; в большинстве случаев – соподчиненность поселений, находящихся в пределах агломерационного ареала (не только административно-правовая подчиненность, но и исторически и экономически сложившаяся зависимость);
- целостность рынков труда, недвижимости, земли;
- правовая самостоятельность поселений – нахождение поселений в пределах своих административных регионов, кроме самых тесно примыкающих;
- многокомпонентность – населенные пункты в силу объективных причин сращиваются (объединяются) в сложные многокомпонентные системы;
- динамичность, способность к быстрой адаптации к новым экономическим, социальным реалиям.

Основными составляющими при формировании агломераций являются: структура поселений, инфраструктура, качество жизни и окружающей среды, доступность (учитывается при подготовке стратегий землепользования), регенерация городских территорий, управление.

При этом наличие соответствующей инфраструктуры является основным требованием (предпосылкой) формирования агломераций в России. Составляющими такой инфраструктуры являются:

- транспортная;
- социальная и общественная (образование, медицина, спорт, культура);
- ЖКХ (линейные объекты теплоснабжения, водопроводы и газовые сети, канализационные сети); энергетика

(электростанции, малая энергетика, сетевая инфраструктура).

В своем развитии агломерации проходят 4 этапа.

**Первый этап** подразумевает, что агломерация представляет собой конгломерат достаточно близко расположенных урбанизированных территорий, объединенных преимущественно производственными связями. В таких так называемых «индустриальных агломерациях» отсутствует единый рынок труда, земли, недвижимости и других ресурсов, что не позволяет ее классифицировать как сформировавшуюся агломерацию.

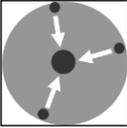
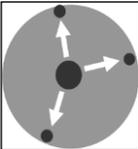
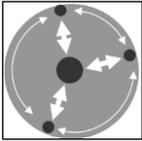
**На втором этапе** усиливаются устремленные к центру агломерации потоки маятниковой миграции, происходит формирование единого рынка труда агломерации.

**Третий этап** – этап развитой агломерации характеризуется появлением единого функционально связанного пространства, причем осуществление ряда функций (производство, развлечение, потребление) центра (ядра) агломерации переносится на периферию, в города-спутники, получают развитие пригороды (субурбии), образуется единый рынок агломерации, агломерация становится важным узлом в территориальной структуре национальной экономики.

**Четвертый этап** отличается встраиванием агломерации в глобальные экономические процессы, развитием интеллектуальной городской инфраструктуры, появляется новая концепция общественного пространства (так называемого «третьего места»), наибольшее развитие получает так называемый новый «портфель ресурсов» (человеческий капитал, технологические и управленческие инновации, постиндустриальная экономика технологий, емкие и динамичные рынки).

Таблица 7.

## Фазы формирования агломераций

Название фазы	Схема	Описание
<p><b>1 фаза</b> <b>Агломерация</b> <b>рынка труда</b></p>		<p>Численность населения ядра увеличивается, а периферии – уменьшается. Но в целом население агломерации растет</p>
<p><b>2 фаза</b> <b>Агломерация</b> <b>рынков торговой,</b> <b>жилой и</b> <b>производственной</b> <b>недвижимости</b></p>		<p>Ядро растет, периферия также растет; сильная концентрация по всей агломерации. Ядро продолжает расти и наиболее высокая концентрация в пригородной зоне, агломерация продолжает расти, набирают силу процессы выноса промпредприятий из центра на периферию с одновременной их модернизацией, старые заводы банкротятся, а новые инвестпроекты реализуются в пригородных зонах. Рост зависимости от уровня развития транспортно-логистического модуля экономики города</p>
<p><b>3 фаза</b> <b>Зрелая</b> <b>агломерация</b></p>		<p>Развиваются прямые связи между подцентрами города, возрастает емкость и разнообразие рынков – растут объемы и качество спроса на все виды инфраструктур в центрах агломерации и коридорах между ними – аэропорты, дороги, телекоммуникация, инженерно-освоенные территории.</p>

**Агломерационный эффект** подразумевает под собой экономическую выгоду от развития производственных сил, деловой активности и объединения рынков труда и недвижимости в регионе.

Реализация проекта ВСМ приведет к присоединению обширных территорий к зонам трудовой занятости, повышению трудовой мобильности населения и, как следствие, увеличению производительности труда.

Агломерационный эффект включает в себя анализ отдельных эффектов таких как: социально-экономическая выгода, бюджетная эффективность, социальная эффективность.

Социально-экономическая выгода может быть представлена как совокупность следующих составляющих:

- рост доходов населения (включает в себя сокращение безработицы в регионе и рост заработной платы);
- рост производительности труда;
- рост внутреннего регионального продукта;
- бюджетная эффективность.

Социальная эффективность подразумевает развитие региона и включает в себя:

- повышение уровня медицинского обслуживания;
- повышение качества образования;
- повышение уровня качества жизни;
- развитие сферы услуг.

Как показывает европейский опыт, за счет остановок высокоскоростных магистралей повышается качество жизни в маленьких городах, так как людям из крупных городов или работающим там необходим качественный сервис.[24]

Рост доходов населения повлечет за собой платежеспособный спрос, который, в свою очередь дает толчок развитию в этих населенных пунктах образования и медицины, а также сферы услуг. В конечном итоге появится большое количество возможностей для развития, как малого, так и среднего бизнеса.

Количественная оценка агломерационных эффектов не проведена, однако очевидно, что указанные эффекты будут значительны. Руководствуясь опытом Японии, необходимо

обратить внимание на то, что население в городах, где есть станции ВСМ «Синкансэн», за первые 20 эксплуатации увеличилось в среднем на 32%, в то время как по стране этот показатель вырос на 12 %.

### **Эффект от роста доходов населения**

Значимым показателем агломерационного эффекта является экономический эффект от роста доходов населения, включающих в себя сокращение безработицы и рост средней заработной платы в регионе, можно представить в следующем виде:

$$\text{Эрд} = \sum_{i=1}^n \Delta UNi \cdot AW + \sum_{i=1}^n Ci \cdot \frac{\Delta \text{увел.} Wi}{100}, \quad (12)$$

где: n- шаг расчета, год

$\Delta UNi$  - увеличение числа трудоустроенного населения в регионе в i-ый период времени, чел.

$AW$  - средняя заработная плата в регионе за год, тыс. руб.

$Ci$  - общая сумма выплаченной заработной платы в регионе за год, тыс. руб.

$\Delta \text{увел.} Wi$  – доля увеличения заработной платы в регионе за год, %

ВСМ сблизит зоны проживания трудовых ресурсов и зоны занятости. Как следствие, ранее безработные станут участниками рынка труда, а также возрастет мобильность среди работающего населения.

### **Эффект от роста производительности труда**

Важно отметить, что одним из основных факторов экономического роста страны является рост внутреннего валового продукта (ВВП), который в свою очередь напрямую зависит от производительности труда продукта и определяется как произведение производительности труда и трудозатрат.

Формирование агломераций оказывает влияние на рост производительности труда, что приводит к экономическому росту страны и в конечном итоге сводится к приросту ВВП.

Поэтому агломерационный эффект включает в себя расчет экономического эффекта от роста производительности труда.

Годовой экономический эффект от роста производительности труда в регионе можно представить следующем виде:

$$\Delta n = Vi(1 + \Delta \Pi_i) \quad , \quad (13)$$

где:  $\Delta \Pi_i$  – доля изменения производительности труда в  $i$ -ый период времени,

$Vi$ - выработка, тыс. руб./чел.-год, (характеризуется общим объемом произведенной продукции в регионе в  $i$ -ый период времени)

В свою очередь долю изменения производительности труда в регионе можно выявить согласно формуле:

$$\Delta \Pi_i = \frac{\Pi_2 - \Pi_1}{\Pi_1} \quad , \quad (14)$$

где:  $\Pi_1$ –производительность труда в регионе до реализации проекта,

$\Pi_2$ –производительность труда в регионе после реализации проекта.

Международный опыт показывает, что увеличение плотности занятости приводит к увеличению производительности труда на 6%.

Факторы, влияющие на рост производительности труда, могут быть следующими:

- концентрация производства в регионе (может осуществляться путем увеличения существующих предприятий за счет их увеличения, что влечет за собой рост выпускаемой продукции; также увеличение спроса продукции в регионе приводит к увеличению объема выпускаемой продукции и услуг для достижения рыночного равновесия);
- научно-технический прогресс (разработка и внедрение новых, инновационных технологий, улучшение процесса производства, повышение квалификации работников, применение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на снижение затрат труда и т.д.).

Исходя из данных факторов можно отметить, что увеличение объема выпускаемой продукции в единицу времени влечет за собой рост производительности труда, т.к зависимость между параметрами следующая:

$$П = \frac{O}{T} \quad , \quad (15)$$

где:  $O$  - объем (количество) произведенной продукции, руб.

$T$ -трудозатраты (время, затраченное на производство данного объема продукции), чел.-ч.

### **Бюджетная эффективность**

Важно также отметить, что строительство ВСМ окажет влияние на бюджетную эффективность в виде дополнительных налоговых поступлений в бюджеты всех уровней.

Региональные бюджеты являются одним из главных каналов доведения до населения конечных результатов общественного производства. Через эти бюджеты общественные фонды потребления распределяются между отдельными административно-территориальными единицами и социальными группами населения. Кроме того, из таких бюджетов финансируется развитие отраслей производственной сферы, в первую очередь местной и пищевой промышленности, коммунального хозяйства, объем продукции и услуги которых также являются важным компонентом программы повышения народного благосостояния.

Экономическая сущность региональных бюджетов проявляется в их назначении. Эти бюджеты выполняют следующие функции: формирование денежных фондов, являющихся финансовым обеспечением деятельности региональных органов власти; распределение и использование этих фондов между отраслями народного хозяйства; контроль за финансово-хозяйственной деятельностью предприятий, организаций и учреждений, подведомственных этим органам власти.

Важное значение имеют региональные бюджеты в осуществлении общегосударственных экономических и

социальных задач - в первую очередь в распределении государственных средств на содержание и развитие социальной инфраструктуры общества.

Распределение и доведение до населения производимых благ осуществляется через бюджетную систему. Как известно, через бюджет формируется значительная часть общественных фондов потребления. При этом на народное образование и профессиональную подготовку кадров из региональных бюджетов выделяется более 65% всех бюджетных средств, на здравоохранение - свыше 80%, на социальное обеспечение - около 90%, на жилищно-коммунальное хозяйство - 100%. В настоящее время число региональных бюджетов составляет 29,3 тыс. Их объем (по расходам) в 1995 г. приблизился к 150 трлн руб., или примерно 50% консолидированного бюджета Российской Федерации.

К доходам бюджетов относятся налоговые доходы, неналоговые доходы и безвозмездные поступления.

К налоговым доходам бюджетов относятся доходы от предусмотренных законодательством Российской Федерации о налогах и сборах федеральных налогов и сборов, в том числе от налогов, предусмотренных специальными налоговыми режимами, региональных и местных налогов, а также пеней и штрафов по ним.

В качестве бюджетной эффективности можно рассмотреть эффект, включающий совокупность налоговых поступлений.

$$Эб = \sum_{i=1}^n Wi \cdot 0.13 \cdot 12 + \sum_{i=1}^n Ci \cdot 0.18 + \sum_{i=1}^n Crv \cdot 0.02 + \sum_{i=1}^n Pi \cdot 0.2, \quad (16)$$

где:  $Wi$  - сумма выплаченной заработной платы в  $i$ -ый период времени в регионе, тыс. руб.,

0,13- налог на доход физических лиц,

$Ci$  - объем произведенной продукции и услуг в  $i$ -ый период времени в регионе, тыс. руб.,

0,18- налог на добавленную стоимость,

$Crv$  - остаточная стоимость объекта налогообложения (движимое и недвижимое имущество, учитываемое на балансе в качестве объекта основных средств), тыс. руб.,

0,02- налог на имущество юридических лиц,

$P_i$  - прибыль, полученная выпуском продукции и услуг  
i-ый период времени в регионе, тыс. руб.,

0,2 - налог на прибыль.

Также из числа налоговых доходов разных уровней бюджетной системы Российской Федерации, очевидно к росту бюджетной эффективности в ходе реализации проекта ВСМ-2, приведут такие поступления, как государственная пошлина и транспортный налог. Однако виду сложности их подсчета в приведенной выше зависимости 16 такие поступления не учтены.

Несмотря на то, что не приведена количественная оценка бюджетной эффективности, указывать на значительную величину данного показателя - можно. Согласно опыту Японии, в городах со станцией ВСМ зарегистрировали рост бюджетных поступлений приблизительно на 155%, в то время как в среднем по стране этот прирост составил 110%.

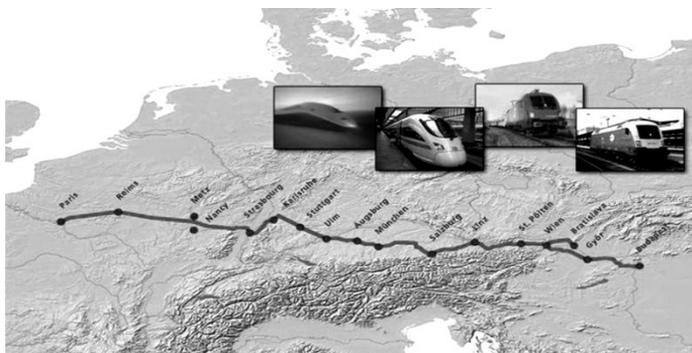
## **§ 6 Перспективы развития высокоскоростного железнодорожного движения в мире**

Высокоскоростное железнодорожное движение оказывает значительное влияние на социально-экономическое развитие регионов. Транспортная связанность, рост числа и размеров агломераций, снижение непроизводительных затрат времени и рост благосостояния населения привлекают внимание к ВСМ во многих странах мира. Будучи высокотехнологичным видом транспорта, ВСМ оказывает позитивное влияние на технологический уровень промышленности и масштабы производства, благодаря синергетическому эффекту воздействуя на множество отраслей и буквально на все стороны жизни общества. В настоящее время проекты ВСМ активно планируются и реализуются во многих странах, ниже рассмотрим основные актуальные в настоящее время проекты.

## Европа

Высокоскоростное железнодорожное движение за последние годы стало развиваться ускоренными темпами. С момента открытия первой высокоскоростной линии во Франции эта страна стала занимать второе место в Европе по протяженности путей, что составляет 2 037 км. Францию опережает лишь Испания с протяженностью в 3 100 км.

Одним из самых крупных проектов Европы является так называемая «Магистраль для Европы» («MoE»). Это проект трансевропейской системы («Trans-European Networks» (TEN)). Проект предполагает строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали между Парижем и Братиславой, а также дополнительной линией до Будапешта. Проект под номером 17 (как указано в соответствующих документах) уже запущен в строительство. Проект планируется закончить к 2020 году. Он свяжет 34 миллиона человек в пяти странах. Общая протяженность линии составит 1 592 км.



**Рис. 16 Проект высокоскоростной магистрали «Париж-Будапешт»**

В Испании ведется строительство крупнейшего средиземноморского высокоскоростного коридора протяженностью более 1 300 км, который пройдет через Андалусию, Мурсию, Валенсию и Каталонию к границе с Францией. Проект планируется закончить к 2022 году.

## Азия

Турция приступила к началу реализации проекта открытия высокоскоростного железнодорожного движения в 2003 году.

Первая линия, которая была построена между Стамбулом и Анкарой сокращает времени в пути с 6 - 7 часов до 3 часов 10 минут. Планируется завершение строительство линии «Эскишехир-Стамбул» в 2016 году.

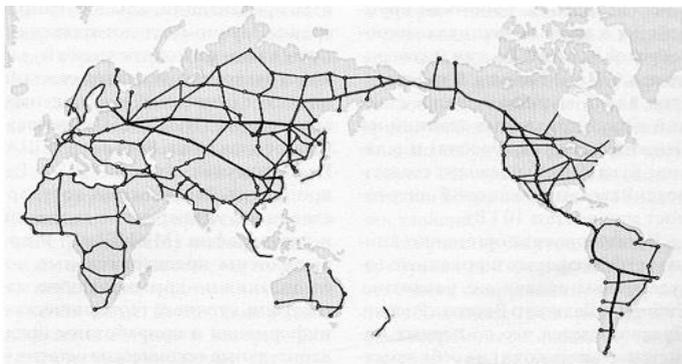
В Турции ведется крупномасштабное строительство высокоскоростных магистралей и включает в себя сооружение таких линий как:

- Анкара –Сивас с протяженностью в 446 км;
- Анкара –Измир с протяженностью 654 км;
- Бурса-Биледжик с протяженностью 115 км.

Китай, создав развитую сеть ВСМ на своей территории, теперь планирует соединить весь мир высокоскоростными железными дорогами, рассматривая строительство более 13 000 км новых магистралей. В сотрудничестве с Россией и США предлагается проложить железную дорогу через Сибирь, Берингов пролив и Канаду.

В планах Китая также есть крупнейший проект соединяющий Азию и Европу. Грандиозный сеть ВСМ должна соединить Пекин и Лондон, а маршрут будет пролегать через такие крупные города, как Москва, Берлин и Париж. Следует отметить, что планируемая к строительству в настоящее время первая российская высокоскоростная магистраль «Москва-Казань» в будущем может стать частью этого масштабного проекта Китая.

Магистраль соединяющая США и Китай потребует около 200 км тоннелей, чтобы соединить разрыв между Россией и Аляской, который в четыре раза превышает длину тоннеля под Ла-Маншем. В случае успешной реализации он станет самым длинным подводным тоннелем в мире и будет считаться беспрецедентным инженерным подвигом.



**Рис. 17 Трансконтинентальная железнодорожная магистраль**

Китай планирует строительство крупнейшего в истории проекта – Нового Шелкового пути. Этот проект направлен на то, чтобы кардинально изменить экономическую карту мира. Новый путь будет пересекать Китай, Монголию, Россию, Белоруссию и Германию, его длина составит более 12 тыс. км – это будет новая экономическая зона, которая растянется почти на треть земной поверхности. Этот план включает в себя строительство скоростных железных дорог, автомобильных дорог и трасс, сетей передачи энергетических ресурсов, оптоволоконных сетей.



**Рис. 18 Маршрут пролегания «Нового шелкового пути» по двум вариантам реализации проекта**

## Маглев

Поезд на магнитной подушке, магнитоплан, или маглев (от англ. magnetic levitation – «магнитная левитация») – это поезд, удерживаемый над полотном дороги, движимый и управляемый силой электромагнитного поля. Такой состав, в отличие от традиционных поездов, в процессе движения не касается поверхности рельса. Так как между поездом и поверхностью полотна существует зазор, трение между ними исключается, и единственной тормозящей силой является аэродинамическое сопротивление.

Первый поезд на магнитной подушке перевез группу пассажиров в рамках проходившей в Германии Международной транспортной выставки IVA 1979 года.

На данный момент будущее поездов на магнитной подвеске выглядит туманно в большей степени из-за запредельной дороговизны подобных проектов и длительного периода окупаемости. В то же время множество стран продолжают инвестировать средства в подобные проекты, т.к. сочетание магнитного подвеса и линейного тягового двигателя ещё с 70-х годов прошлого века считается дальней перспективой развития транспорта, позволяющей решить множество технических ограничений на “классическое” железнодорожное движение и реализовать скорости, сравнимые с авиaperевозками.

В столице Японии началось строительство первой в стране станции для ветки поездов на магнитной подушке (маглев) протяженностью более 280 км, которая в 2027 году свяжет Токио и Нагую. Строительство ведется в районе крупного транспортного узла «Синагава» на глубине 40 м.

Работы над созданием поезда на магнитной подушке начались в Японии в 1970-е гг., но эти технологии долгое время не находили применения. В 2011 г. японские власти одобрили план строительства первой коммерческой линии таких поездов протяженностью 286 км между Токио и Нагоей. Стоимость проекта оценивается в 5,5 трлн иен (\$45,8 млрд). К 2045 году эту

ветку планируется продлить до третьего по величине города Японии - Осаки.

В 2015 году поезд на магнитной подушке в Японии развил скорость 603 км/ч и был признан самым быстрым поездом в мире.

### **Заключение**

После многолетнего обсуждения на новую фазу переходит вопрос реализации проекта строительства первой в нашей стране высокоскоростной железнодорожной магистрали. В истории железных дорог России она должна открыть новую страницу, создав возможность для беспрецедентного технологического и экономического рывка железнодорожного транспорта, многих смежных отраслей, а также регионов, которые окажутся связаны новой высокоскоростной дорогой.

Основываясь на выполненных авторами расчетах, можно сделать вывод об отрицательной коммерческой эффективности проекта в настоящее время, и необходимости в значительной доле государственного финансирования. Такой вывод не является чем-то из ряда вон выходящим, следует отметить, что практически нигде в мире проекты развития ВСМ не были реализованы силами только частных инвесторов, везде, где сеть ВСМ создана и успешно функционирует, инфраструктуры ВСМ создавалась и эксплуатировалась с участием государства в какой-либо форме.

ВСМ окупаются не напрямую от продажи билетов, а косвенно, благодаря социально-экономическому эффекту от стимулирования роста экономики через развитие инфраструктуры. Синергетический эффект для государства и общества от опережающего развития инфраструктуры, от применения новейших технологий в инфраструктурном развитии значителен, совершенствование методики его корректного определения является в настоящее время одной из важнейших научных задач. Формы участия государства в финансировании подобных проектов могут различаться [17].

Что касается ближайших планов развития высокоскоростного железнодорожного движения в России, следует отметить следующее:

- ВСМ будет способствовать повышению конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта перед авиацией и автотранспортом; также ввиду того, что ВСМ - это высокотехнологичный объект будет наблюдаться выраженный технологический рывок в железнодорожной отрасли;
- развитие высокоскоростного движения в России возможно на условиях государственно-частного партнерства, а именно при значительном участии государства в финансировании проекта [21];
- при оценке возможности и экономической целесообразности реализации проекта необходим корректный учет внешних эффектов, возникающих при строительстве ВСМ;
- особенно важным для России является возможность решения проблемы роста территориальных диспропорций посредством развития сети ВСМ.

Социально-экономическая эффективность проекта, являясь частью внешних эффектов, включает в себя ряд факторов, существенно влияющих на развитие экономики регионов.

В итоге хотелось бы также подчеркнуть, что строительство высокоскоростных магистралей в России окажет положительное влияние на развитие специализированной железнодорожной инфраструктуры, что позволит улучшить ситуацию с организацией перевозок пассажиров на основных направлениях сети железных дорог, обеспечит увеличение пассажирооборота, поднимет престиж отечественных железных дорог, а также государства в международном аспекте.

Не смотря на высокую стоимость проекта и определённые затруднения по его финансированию, связанные с наличием множества кризисных явлений в отечественной и мировой экономике, необходимо отметить, что принятие решения о строительстве ВСМ в России важно не только для

развития транспортной отрасли, но и для всего государства. Появление высокоскоростных магистралей, так или иначе, затронет различные секторы экономики и социальной сферы, ускорит решение актуального вопроса устранения территориальных диспропорций развития, что в результате приведет к росту в экономической и социальной сферах в России в XXI веке.

### **Список использованной литературы.**

1. Налоговый кодекс Российской Федерации. ч.2 от 02.04.2014 N 52-ФЗ
2. Бюджетный кодекс Российской Федерации. ч.2 от 03.02.2014 N 1-ФЗ
3. Федеральный Закон «Об инвестиционной деятельности в российской федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25 февраля 1999 года N 39-ФЗ
4. Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2005 г. N 115-ФЗ «О концессионных соглашениях».
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477)
6. Специальные технические условия. Верхнее строение пути участка Москва- Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва-Казань-Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству. Разработано Титовой Т.С.-СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014
7. Специальные технические условия. Железнодорожное электроснабжение участка Москва- Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва-Казань-Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству. Разработано Титовой Т.С. -СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014
8. Специальные технические условия. Сооружения искусственные участка Москва- Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва-Казань-Екатеринбург. Технические нормы и

- требования к проектированию и строительству. Разработано Титовой Т.С. - СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014
9. Специальные технические условия. Обеспечение безопасности движения поездов на участке Москва- Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва-Казань-Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству. Разработано Титовой Т.С. -СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014
  10. Технический регламент о безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта (утв. постановлением Правительства РФ от 15 июля 2010 г. N 533)
  11. Анисимов П.С., Иванов А.А. Высокоскоростные железнодорожные магистрали и пассажирские поезда: монография. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 542 с.
  12. Басовский Л.Е. Теория экономического анализа: Учеб. пособие для вузов по экон. и упр. спец. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 220 с
  13. Белякова М.Ю. «Расчет нормы дисконта с учетом риска (методы WACC и CAMP)» // Справочник экономиста №10, 2005.
  14. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: Учебно- практическое пособие - М.: Дело, 2001
  15. Волков Б.А., Шульга В.Я., Кокин М.В. и др. Экономика железнодорожного строительства и путевого хозяйства: Учебник для вузов/ Под общей редакцией Б.А. Волкова, В.Я. Шульги. –М.: Маршрут, 2003
  16. Грицак Е. Н., Ткач М. И. . Высокоскоростной поезд TGV. История вещей от древности до наших дней. — М.: «РИПОЛ классик», 2003
  17. Добрин, А. Ю. Привлечение внешних инвестиций в строительство инфраструктуры железнодорожного транспорта / А. Ю. Добрин, А. В. Марцинковская // Транспортное строительство. – 2012. – № 3. – С. 26-29.
  18. Разуваев А.Д., Цыпин П.Е. Оценка экономической эффективности строительства безбалластного пути на эстакадах // Экономика железных дорог. 2016. № 2. С. 81-85

19. Ример М. И. Экономическая оценка инвестиций: учеб. пособие / М. И. Римера., А. Д. Касатов, Н. Н. Матиенко. — СПб.: Питер, 2006. — 480 с.
20. Родченко В.А., Зандарашвили Д.С. Экономическая оценка высокоскоростного железнодорожного сообщения в России // Экономика железных дорог. – 2015.-№3.-С.27-36
21. Родченко В.А., Саркисов А.Э., Зандарашвили Д.С. Государственно- частное партнерство-основа развития высокоскоростных магистралей в России // Труды XI международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» .-2015.-№2 , часть 5.-С. 30-35
22. Станковская И.К., Стрелец И.А. Экономическая теория: Полный курс МВА – М.: Рид Групп, 2011
23. Экономика строительства: учебник / под общей ред. И.С. Степанова. — 3-е изд., доп. и перераб. — М : Юрайт-Издат, 2007. - 620 с.
24. Ignasio Barron, Gines De Rus,Chris Nash. Economic analysis of High Speed Rail in Europe, Fundacion BBVA Informes, Spain, 2009
25. Gines De Rus. The economic effects of High Speed Rail Investment, University of Las Palmas,Spain, 2012
26. Gines De Rus. Economic evolution of the High Speed Rail, University of Las Palmas, Spain, 2012
27. <http://www.jrtr.net/jrtr11/history.html>
28. <http://www.railfaneurope.net/tgv/history.html>
29. <http://english.jr-central.co.jp/about/outline.html>

## Оглавление

§ 1 Анализ текущего состояния и этапов развития высокоскоростного железнодорожного движения за рубежом	
Вступление.....	3
Этапы развития высокоскоростного железнодорожного движения в мире.....	3
Высокоскоростная сеть железных дорог в Японии	
Общая информация.....	19
Подвижной состав.....	21
Французская сеть высокоскоростных магистралей	
Общая информация.....	23
Технические характеристики поездов TGV.....	25
Трассы LGV для высокоскоростного сообщения.....	30
Немецкая сеть «Inter City Express»	
Общая информация.....	36
Структура сети.....	49
Технические характеристики высокоскоростных трасс.....	40
Подвижной состав.....	41
Высокоскоростное сообщение в Китае	
Общая информация.....	44
Подвижной состав.....	46
§2 Особенности технических параметров ВСМ	
Основные требования к конструкции верхнего строения пути.....	48
Конструкция верхнего строения пути на балласте.....	56
План и профиль.....	57
Продольный профиль пути.....	58
Система электроснабжения.....	60
Искусственные сооружения.....	63
§3 Безопасность движения при реализации высокоскоростного железнодорожного сообщения.....	66

§4	Высокоскоростные железнодорожные магистрали в России	
	Общая информация.....	76
	Подвижной состав для ВСМ-2 «Москва-Казань».....	82
	Оценка экономической целесообразности строительства ВСМ-2 «Москва-Казань» при участии частных инвесторов в финансировании проекта.....	87
§5	Анализ отдельных социально-экономических эффектов при определении экономической эффективности строительства ВСМ.	
	Классификация эффектов.....	91
	Эффект от сокращения нахождения в пути.....	94
	Агломерационный эффект.....	94
	Основные понятия и этапы формирования агломераций.....	94
	Эффект от роста доходов населения.....	99
	Эффект от роста производительности труда.....	100
	Бюджетная эффективность.....	102
§6	Перспективы развития высокоскоростного железнодорожного движения в мире.....	105
	Европа.....	105
	Азия.....	106
	Маглев.....	108
	Заключение.....	109
	Список использованной литературы.....	111

Св.план 2015 г., поз.232

Родченко Владимир Александрович

Зандарашвили Диана Сергеевна

Высокоскоростное железнодорожное движение. Мировой опыт  
и перспективы в России

Учебное пособие

---

Подписано к печати  
Усл.-печ. л.  
заказ №

---

формат  
Тираж 100 экз.