



Вакуумный поезд: поиск ниши на рынке перевозок пассажиров



Сергей НЕСТЕРОВ
Sergey B. NESTEROV

Иван ВОРОБЬЁВ
Ivan A. VOROBIEV



Рим КОНДРАТЕНКО
Rim O. KONDRATENKO

Нестеров Сергей Борисович — доктор технических наук, зам. генерального директора по научной работе НИИВТ им. С. А. Векшинского, Москва, Россия.

Воробьев Иван Александрович — кандидат экономических наук, генеральный директор НИИВТ им. С. А. Векшинского, Москва, Россия.

Кондратенко Рим Олегович — кандидат технических наук, начальник отдела НИИВТ им. С. А. Векшинского, Москва, Россия.

Vacuum Train: Finding a Niche in the Passenger Transportation Market

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 118)

Необходимость и выгодность создания транспортной системы со скоростями, кратными 1000 км/ч (до 6000 км/ч), постоянно обсуждаются мировым научным сообществом. Сегодня единственным способом повышения скорости рельсового транспорта до таких значений видится в замене системы колесо-рельс на систему магнитного подвеса и замене естественной среды на искусственно созданную, в которой аэродинамическое сопротивление для транспорта будет мало. В статье рассматриваются ниши транспортного рынка, которые может занять вакуумный поезд в конкурентной борьбе с высокоскоростным и воздушным транспортом.

Ключевые слова: вакуумный поезд, сравнительный анализ, конкуренция, поиск ниши, маглев, воздушный транспорт, железнодорожный транспорт, высокоскоростные поезда.

По оценкам ООН, число жителей планеты к 2050 году достигнет 9,2 млрд. Это рекордно высокая цифра, учитывая, что в 2009 году показатель был 6,8 млрд, а в 1950 году всего 2,5 млрд. При этом 70 % земель теснятся в городах, спасать сообщение между которыми призваны теперь высокоскоростные транспортные сети.

Американская транснациональная нефтегазовая корпорация ExxonMobil прогнозирует, что к 2040 году спрос на транспортные услуги увеличится более чем на 40 %, в основном за счёт деловых путешественников.

Масштаб территории России и ближайших стран, протяжённость их потенциальных магистралей вынуждают искать способы увеличения скоростных характеристик транспорта [1–3]. Так, например, протяжённость трассы Москва–Пекин составляет 7769 км (и поездка при проектируемых скоростях высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВЖМ) займёт не менее 32,8 часа).

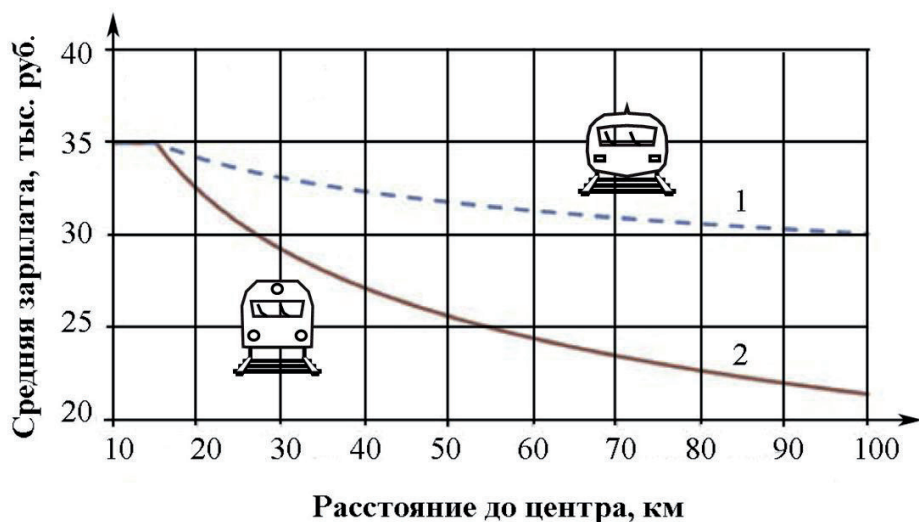


Рис. 1. Оцененная зависимость зарплаты доход-расстояние:
1 – Европа (Германия, Швеция, Нидерланды); 2 – Московская область.
Источник данных – Росстат [1].

Стоит отметить и транспортные проблемы на малых расстояниях. Сегодня в Москве и Московской области на рынке труда сохраняется существенное неравенство между центром мегаполиса и его периферией. Очевидно, инструменты интеграции рынков труда (одним из которых является развитая система транспорта) не работают с такой же эффективностью, как на рынках труда европейских мегаполисов.

Сравнительные графики рассчитанной зависимости доход-расстояние до центра для Подмосковья и Европы представлены на рис. 1.

С повышением эффективности общественного транспорта следует ожидать интеграции рынков труда и сглаживания кривой доход-расстояние. В идеале, когда наша транспортная система по развитию догонит европейский уровень, про-

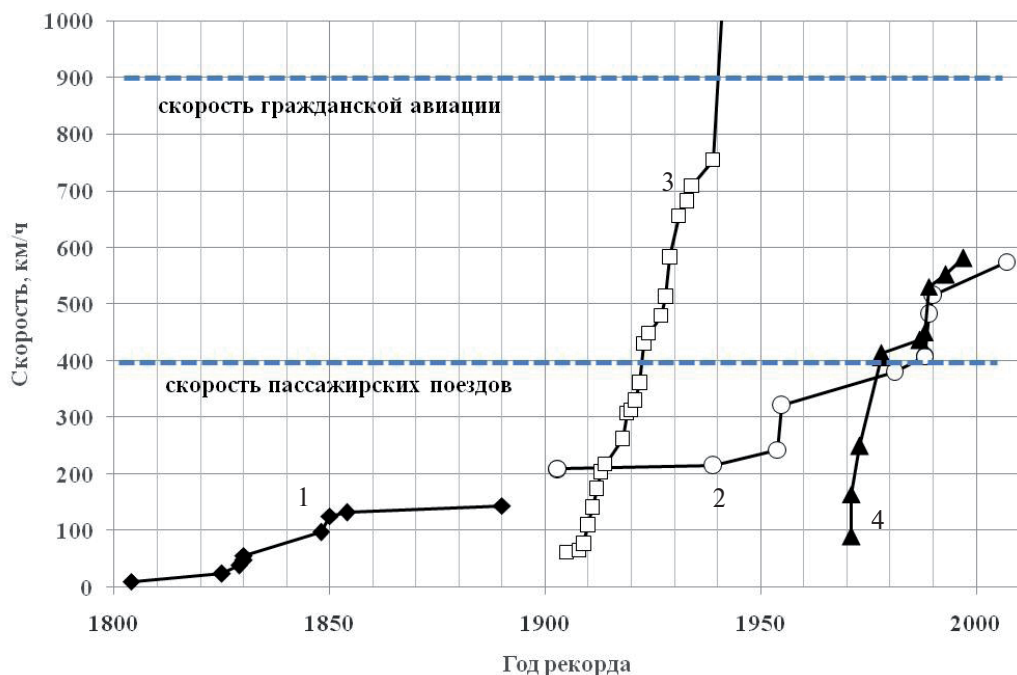


Рис. 2. Рекорды скорости для некоторых видов транспорта (до 2010 года): 1 – паровоз; 2 – электровоз и тепловоз; 3 – гражданская авиация; 4 – поезда на основе магнитной левитации.

изойдет перераспределение людей в пространстве, московская агломерация с интенсивными производственными, транспортными и культурными связями расширится, плотность населения в среднем и дальнем Подмосковье вырастет. В пределах развития транспортной сети до европейского уровня способно уменьшить эластичность дохода по времени в пути до европейского, что увеличит зарплату в среднем Подмосковье в 1,5 раза.

Скоростные характеристики транспортного средства, будь то самолет, поезд, автомобиль, зависят от его способности изменяться, приспосабливаться к окружающей среде:

- менять геометрическую форму (форма фюзеляжа самолета, форма скоростного поезда изменены в угоду аэродинамике);

- менять форму движения своих частей (изменение стреловидности, предкрылки и закрылки у самолета);

- менять трансмиссию (замена у поезда системы колесо-рельс на систему магнитной левитации для снижения трения о рельсы).

Однако бывают случаи, когда дальнейшее приспособление к условиям окружающей среды невозможно или является слишком трудоёмким (рис. 2).

Например, обычная скорость в гражданской авиации — около 850 км/ч, хотя рекорды скорости для самолётов составляют несколько тысяч км/ч, а поезда перевозят пассажиров со скоростями 80–350 км/ч, хотя рекорд скорости приближается к 600 км/ч.

В обоих случаях повышению скорости мешает аэродинамическое сопротивление. Оно растёт как квадрат скорости, а энергозатраты — как куб скорости. Допустим, при увеличении скорости в 2 раза аэродинамическое сопротивление возрастает в 4 раза, а энергозатраты — в 8 раз.

Возможное решение этой проблемы для рельсового транспорта — замена окружающей среды на искусственно созданную, в которой аэродинамическое сопротивление будет мало, например, поместив состав в трубопровод с пониженным давлением. Данное решение не является новым, оно было предложено более ста

лет назад, первые в мире опыты с перемещением тела в вакуумной трубе за счёт электромагнитного поля поставил в 1911–1913 годах в Томском технологическом институте российский профессор Борис Вейнберг. К тому же не такое уж оно и оригинальное, ведь человек — единственное существо на Земле, которое не приспосабливается к окружающей среде, а меняет её под себя.

«Не могу забыть того ошеломляющего впечатления, которое произвёл на холодную петербургскую публику этот смелый и оригинальный проект, когда изобретатель в блестящей лекции нарисовал перед слушателями картину будущей борьбы с пространством», — писал в «Занимательной физике» Я. И. Перельман [4].

Рассмотрим ниши, которые может занять вакуумный поезд.

1. Метрополитен. Ниша не может быть занята. Предельная скорость сообщения между подземными станциями, которую смогут в будущем обеспечивать технически более совершенные, чем сегодня, вагоны метрополитена, не превысит 50 км/ч [5]. Она ограничена предельно допустимыми для пассажира ускорениями и замедлениями вагонов, условиями стабильности и безопасности движения поездов и т.п. Под стабильностью движения здесь понимается возможность для поездов устойчиво реализовывать заложенную в график движения скорость сообщения даже при случайных задержках на станциях. При задержке на станции поезд должен обеспечить нагон упущенного времени непосредственно на следующем перегоне. Если ему не удастся этого сделать, то на следующей станции его будет ожидать большее, чем обычно, количество пассажиров и вероятность очередной задержки возрастет. Следствием такой ситуации может стать сбой графика движения.

Внеплановые задержки поездов на станциях в часы-пик происходят регулярно и составляют от 5 до 10 секунд. Необходимость иметь 10-секундный запас времени хода на нагон случайных опозданий в наибольшей степени ограничивает возможность построения графика движения поездов со скоростями сообщения более 50 км/ч.

Таблица 1

Городской экспресс Москва—Новая Москва (40 км)

	Вакуумный поезд	Маглев	ВСМ
Расстояние между остановками, км	40	40	40
Ускорение при разгоне, м/с ²	1	1	1
Максимальная скорость, км/ч	720	603	350
Время в пути, мин	7	7,5	8,5
Время высадки-посадки, мин	5	5	5
Путь разгона, торможения (принимается равным), км	20	7,8	4,7

Таблица 2

Межрегиональное сообщение с остановками каждые 100 км

	Вакуумный поезд	Маглев	ВСМ
Общее расстояние, км	1000	1000	1000
Расстояние между остановками, км	100	100	100
Ускорение при разгоне, м/с ²	1	1	1
Максимальная скорость, км/ч	1000	603	350
Время в пути между остановками, мин	10,6	15,5	18,7
Общее время в пути, включая время высадки-посадки, мин/ч	161/2,6	210/3,5	242/4
Время высадки-посадки, мин	5	5	5
Путь разгона, торможения (принимается равным), км	38,6	7,8	4,7
Время разгона, торможения (принимается равным), мин	4,6	2,1	1,6

2. Городской экспресс и аэроэкспресс.

Ниша не может быть занята. Сегодня появляются новости о возможности применения вакуумного поезда в качестве аэроэкспресса [6]. Такой вид транспорта нужен для обеспечения ускоренных транспортных связей с крупными пригородными районами, аэропортами или городами-спутниками с минимальным числом остановок на маршруте. Например: городской экспресс Москва—Новая Москва, расстояние 40 км. Однако из-за небольшого расстояния между остановками время в пути для вакуумного поезда будет сопоставимо с ВСМ или маглев. Эта ниша прекрасно подходит для них, а проблему шума можно решить более экономичным способом — установкой звукоизоляционных щитов (таблица 1).

3. Пригородные электропоезда. Ниша не может быть занята. Пригородные электропоезда предназначены для транспортных связей городов с ближайшими пригородами, а также между соседними населенными пунктами, они рассчитаны на расстояния примерно до 200 км. Среднее расстояние между остановками на маршрутах, обслуживаемых пригородными электропоездами, обычно от 2,5 до 5,0 км. По причине малого расстояния между

остановками эта ниша тоже не может быть занята вакуумным поездом.

4. Межрегиональные электропоезда (местные). Ниша может быть занята частично. Межрегиональные поезда применяются на маршрутах пригородного и дальнего сообщений с устойчивым пассажиропотоком на расстояния от 100 до 1000 км между городами с остановками только в крупных населенных пунктах или без промежуточных остановок. В таблице 2 — вариант межрегионального сообщения с остановками каждые 100 км и дальностью 1000 км.

5. Поезда дальнего следования. Ниша может быть занята. Поезда такого типа следуют на расстояния от 700 км с остановками только в крупных населенных пунктах или без промежуточных остановок на маршруте. В таблице 3 показан вариант дальнего поезда, следующий на расстояние 1000 км без остановок. Это может быть маршрут между крупными городами с большим населением, например, Москва—Санкт-Петербург, Москва—Казань и др. Тем самым будет создана транспортная инфраструктура нового поколения, которая тесно свяжет мегаполисы и регионы РФ.



Таблица 3

Поезда дальнего следования (1000 км)

	Вакуумный поезд	Маглев	ВСМ
Общее расстояние, км	1000	1000	1000
Расстояние между остановками, км	1000	1000	1000
Ускорение при разгоне, м/с ²	1	1	1
Максимальная скорость, км/ч	1000	603	350
Время в пути между остановками, мин/ч	55,4/0,92	135,4/2,3	173/2,9
Общее время в пути, включая время высадки-посадки, мин/ч	85,4/1,4	165,4/2,6	203/3,4
Время высадки-посадки, мин	30	30	30
Путь разгона, торможения (принимается равным), км	38,6	7,8	4,7
Время разгона, торможения (принимается равным), мин	4,6	2,1	1,6

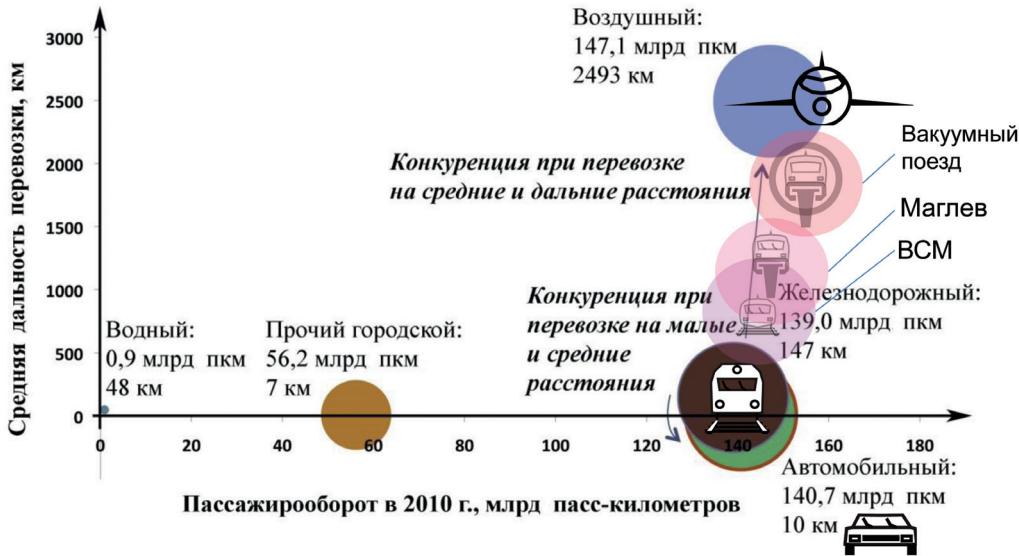


Рис. 3. Межвидовая конкуренция на пассажирском транспорте. Источник данных – Росстат [1].

В итоге рассматриваемая транспортная система с учётом специфики разгона может заполнить ниши:

1. Недорогих высокоскоростных перевозок с большим пассажиропотоком на средние расстояния (100–1000 км). При этом конкуренция будет как с воздушным, так и пригородным высокоскоростным транспортом (рис. 3, 4).

2. Высокоскоростных перевозок на дальние расстояния (от 1000 км/ч). При этом конкуренция будет с воздушным транспортом (рис. 3, 4).

Следует заметить, что можно использовать один путь для всех перевозок. Различие только в графике движения и оснащении вагонов.

Несмотря на очевидные перспективы применения вакуумного поезда, в некоторых нишах транспортной инфраструктуры в России, в отличие от США, проект воспринимается весьма скептически, отчасти это связано с отсутствием подробного технико-экономического анализа новой системы и связанных с этим рисков. Данные вопросы в настоящее время только начинают прорабатываться [7, 8].

Выводы

Наш предварительный анализ показывает, что при создании транспортной системы протяженностью 1000 км около 90 % всех затрат уйдёт именно на проектирова-

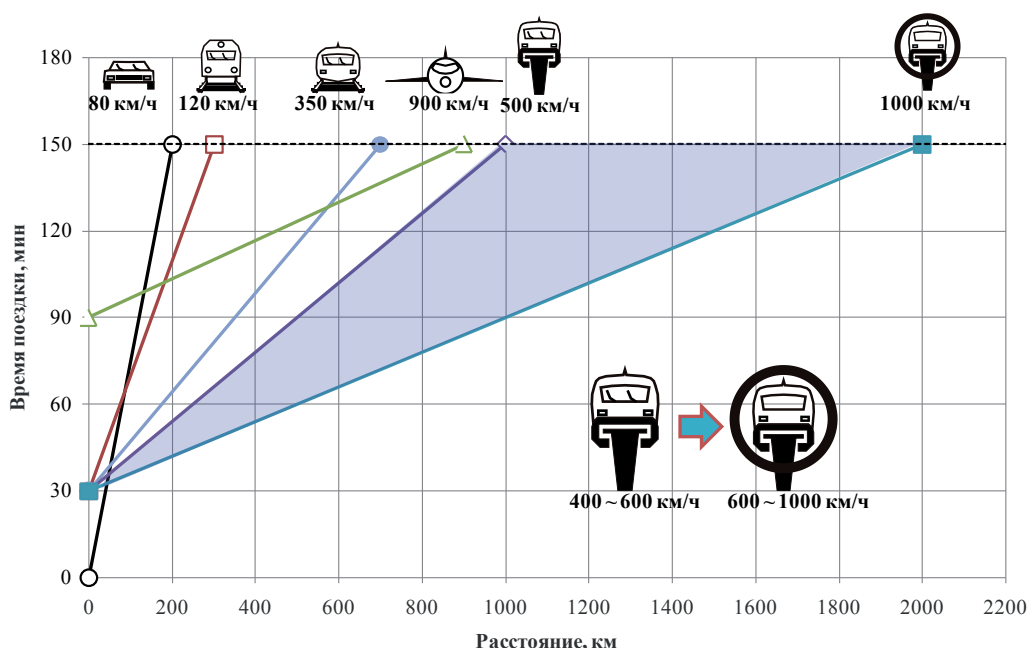


Рис. 4. Рациональные сферы применения пассажирского транспорта на основе магнитной левитации в разреженной среде. Слева направо в соответствии с пиктограммами наверху рисунка: 1 – личный автомобиль; 2 – скорый рельсовый наземный транспорт; 3 – высокоскоростной рельсовый транспорт; 4 – авиация; 5 – маглев; 6 – вакуумный поезд.

ние и прокладку вакуумного трубопровода. Поэтому без внедрения новых, действительно высокотехнологичных решений в этой области, основанных, в частности, на снижении массы трубопровода, с сохранением простоты изготовления конструкции, прочностных характеристик и герметичности, данный проект не выйдет за рамки тестового трека.

В этой связи необходима дальнейшая кооперация компетентных предприятий в области магнитолевитационного, аэрокосмического, железнодорожного транспорта, а также специалистов по вакуумной и криогенной технике, аэродинамике с целью подтверждения или опровержения реализуемости поставленных задач в конструировании и непосредственном создании вакуумно-левитационной транспортной системы, оценки её экономической целесообразности сегодня и в ближайшем будущем, а также с целью развития самой идеи и дополнения новыми техническими решениями с учётом технологического прогресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка крупных инфраструктурных проектов. Задачи и решения // rzd.ru: сайт – Российские железные дороги. 2013. [Электронный ресурс]: http://rzd.ru/dbmm/download?vp=1&load=y&col_id=121&id=71716. Доступ 11.10.2016.
2. РФПИ и РЖД обсуждают пилотные проекты по применению технологии Hyperloop // РИА Новости. 2016. [Электронный ресурс]: <http://ria.ru/economy/20160622/1449639464.html>. Доступ 11.10.2016.
3. В России работают над аналогами вакуумного поезда Hyperloop // РИА Новости. 2016. [Электронный ресурс]: <http://ria.ru/economy/20160520/1436931658.html>. Доступ 11.10.2016.
4. Перельман Я. И. Занимательная физика. [Электронный ресурс]: http://www.eduspb.com/public/books/nauch_por_uch/perelman_fizika1.pdf. Доступ 11.10.2016.
5. Гаврилов Я. И., Мнацаканов В. А. Вагоны метрополитена с импульсными преобразователями. – М.: Транспорт, 1986. – 230 с.
6. Hyperloop в Москве могут пустить в аэропорты и в Новую Москву // РИА Новости. 2016. [Электронный ресурс]: <http://ria.ru/moscow/20160617/1449031333.html>. Доступ 11.10.2016.
7. В России планируют создать концепцию системы «летающих» поездов // РИА Новости. 2016. [Электронный ресурс]: <http://ria.ru/science/20160318/1392431702.html>. Доступ 11.10.2016.
8. Власти Москвы поручили изучить возможность применения Hyperloop в столице // РИА Новости. 2016. [Электронный ресурс]: <http://ria.ru/economy/20160617/1449031025.html>. Доступ 11.10.2016.

Координаты авторов: Нестеров С. Б. – sbnestеров@niivt.ru, Воробьев И. А. – Vorobiev@niivt.ru, Кондратенко Р. О. – r.kondratenko@niivt.ru.

Статья поступила в редакцию 11.10.2016, принята к публикации 22.12.2016.

