

Контейнерный мост Санкт-Петербург – Москва на основе магнитной левитации



А. А. Зайцев,
докт. экон. наук,
профессор кафедры
«Экономика транспорта»
Петербургского
государственного
университета путей
связи

Действующие системы железнодорожного и автомобильного транспорта в России, по прогнозам экспертов, скоро не смогут справиться с грузовыми потоками, рост которых отмечается ежегодно. Проблему может решить развитие инновационного вида транспорта на основе магнитной левитации. Первый испытательный участок грузовой транспортной платформы такого типа будет построен в 2014 г. на территории одного из ведущих отечественных научно-исследовательских институтов.

Преимущества магнитолевитационного транспорта

Магнитолевитационный транспорт (МАГЛЕВ) – это инновационный вид транспорта [1], отличительными чертами которого являются высокая скорость, большой жизненный цикл, безопасность, энергоэффективность, комфортабельность и экологичность. Сокращенное наименование «МАГЛЕВ» происходит от слов «магнитная» и «левитация». Магнитолевитационные транспортные средства подвешиваются (левитируют) над активной путевой структурой и движутся вдоль нее за счет электромагнитных сил, без использования механического и электрического контактов [2].

Оценки американских специалистов свидетельствуют о том, что эксплуатационные затраты магнитолевитационного транспорта составляют 66 коп. / (пасс. км), для авиатранспорта они равны 3,3 руб. / (пасс. км) [3, 4]. При перевозке грузов на дальние расстояния автомобильным транспортом удельные затраты составляют 19 руб. / 10(т. км), на железной дороге – 28 руб. / 10(т. км), с использованием магнитной левитации – 10 руб. / 10(т. км) (рис. 1). Здесь следует учесть структуру транспорта в США, где доля грузоперевозок автомобилями превалирует над всеми остальными видами транспорта.

В табл. 1 приведены удельные энергозатраты и стоимость грузовых перевозок на российских железных дорогах в 2013 г.

Жизненный цикл магнитолевитационного транспорта составляет не менее 50 лет, что вдвое превышает аналогичный показатель для автомобилей. Столь

большой срок службы объясняется отсутствием механического контакта с активной путевой структурой и равномерным распределением весовой нагрузки на путевую структуру практически по всей длине транспортного средства МАГЛЕВ в отличие от ее концентрации на колесах автомобиля.

Высокая энергоэффективность магнитолевитационного транспорта достигается благодаря высокому коэффициенту полезного действия тягового линейного синхронного двигателя – ~80 %. При скорости 500 и 250 км/ч магнитолевитационное транспортное средство соответственно потребляет 250 и 60 кДж / (пасс. км). Удельное энергопотребление автомобиля, движущегося с оптимальной по энергозатратам скоростью 100 км/ч, на порядок выше.

В вакуумной трубе с разрежением порядка 10^{-2} мм рт. ст. скорость магнитолевитационного транспорта может достигать 1000–1200 км/ч, т. е. приближаться к скорости самолета.

Электрическая тяга исключает появление выхлопных газов, а высокий коэффициент полезного действия снижает общий объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, характерных для тепловых электростанций. Вредные для экологии пылевые образования отсутствуют, поскольку нет механического контакта с активной путевой структурой. Такой транспорт отличают низкие шумы и малые вихревые потоки в непосредственной близости от пути.

Магнитолевитационный транспорт является преимущественно эстакадным. Опоры эстакад занимают меньше

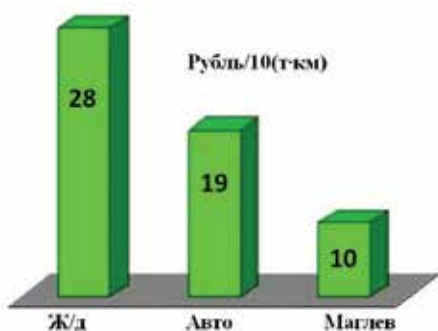


Рис. 1. Данные Центра коммерческого развития транспортных технологий (CCDoTT), США (по курсу 1 долл. США = 35 руб.)

Таблица 1. Удельные показатели грузоперевозок на железнодорожном транспорте

Наименование показателя	Единицы измерения	Отчет 2012 г.	2013 г.		% к плану	% к 2012 г.
			План	Факт		
Себестоимость перевозок всего	коп./10 (т. км)	538,423	545,024	544,799	100	101,2
Удельный расход электроэнергии на тягу поездов	кВт·ч/10 ⁴ т. км брутто	117,9	116,9	114,9	98,3	97,5
Удельный расход дизельного топлива на тягу поездов	кг усл.т/10 ⁴ т. км брутто	58,7	56,4	55,5	98,5	94,6
Цена электроэнергии на тягу поездов	руб./кВт·ч	2,051	2,285	2,424	106,1	118,2
Цена топлива на тягу поездов	руб./кг усл.т	17,407	19,415	19,175	98,8	110,2

площади, чем автострады, аэропорты и железнодорожные пути. Подэстакадная зона отчуждения может быть предназначена для разных нужд, в том числе предусматривающих строительство. Двухпутная магнитолевитационная магистраль обладает перевозочной способностью, сравнимой с 10-полосной автострадой. При этом зона отчуждения автодороги может достигать 300 м. Несмотря на это, жилищное строительство рядом с автомобильной трассой проблематично по требованиям экологичности и санитарной безопасности.

При эстакадном исполнении нет перекрестной связи с другими видами транспорта и, как следствие, столкновения с ними. Высокий градиент пути, достигающий более 10 %, упрощает его трассировку. Режимы движения магнитолевитационного транспортного средства определяются автоматической посекционной подачей электрической энергии на стационарную трехфазную обмотку линейного синхронного двигателя и регулированием частоты питающего тока. Вследствие этого обеспечивается безопасное (конвейерное) движение транспортных средств с любым заданным интервалом движения.

Грузовой магнитолевитационный транспорт

Магнитолевитационный транспорт обычно позиционируют как пассажирский. Однако анализ грузовых автоперевозок, например по маршруту Санкт-Петербург – Москва, показывает, что такой вид транспорта может быть востребован на рынке междугородных грузовых, прежде всего контейнерных, перевозок.

Объем грузопотоков в данном направлении характеризуется следующими показателями. Из морских портов Санкт-Петербурга и Ленинградской

области в Москву перевозится 1,8 млн контейнеров в год, из них более 90 % – автотранспортом. Через пять лет количество перевозимых контейнеров достигнет 4,5 млн. Сегодня потери дохода ОАО «РЖД» в данном сегменте грузовых перевозок оцениваются в 140 млрд руб. Без принятия кардинальных мер по перераспределению грузоперевозок в пользу ОАО «РЖД» через пять лет потери доходной части утратятся.

Эксперты установили, что существующие системы железнодорожного и автомобильного транспорта в ближайшее время с этими грузовыми потоками не будут справляться. Кроме того, транспортные проблемы весьма ощутимы в социальном плане. Затраты на перевозку товара существенно сказываются на его конечной стоимости. Она может вдвое превысить оптовые закупочные цены, установленные производителем.

Параметры грузовой магнитолевитационной магистрали «Усть-Луга – Москва»

На рис. 2 представлена возможная схема контейнерного моста, связывающего морской порт Усть-Луга с так называемым сухим портом Москва. Ниже следуют ее состав, пропускная способность (мощность) и энергетические параметры.

Доставка контейнеров брутто 40 т за сутки (ежесуточная пропускная способность линии): в одном направлении $N = 2500$, в двух направлениях – $2N = 5000$ ед.



Рис. 2. Грузовая магнитолевитационная магистраль морской порт Усть-Луга – «сухой порт» Москва

Режим работы линии: $T = 24$ ч (круглосуточно).

Время, затрачиваемое на погрузку/разгрузку контейнера: $\Delta t = (24 \cdot 3600) : 2500 = 34,65 \approx 35$ с.

Средняя скорость грузовой платформы: $v = 250$ км/ч = 69,4 м/с.

Время в пути одной платформы: $t = l/v = 829/250 = 3,32$ ч = 3 ч 19 мин = 11952 с.

Расстояние, которое проходит грузовая платформа за 35 с: $\Delta s = v\Delta t = 69,4 \cdot 35 = 2429$ м = 2,429 км.

Расстояние между грузовыми платформами на линии: $\Delta s = 2,429$ км.

Количество грузовых платформ, одновременно находящихся на 1 линии: $n = l/\Delta s = 829/2,429 = 341$ ед., на 2 линиях – 682 ед.

Динамика: $a = 2$ м/с².

Время разгона (торможения) до (от) скорости 250 км/ч: $t_{p-т} = 34,7$ с ≈ 35 с.

Длина участка разгона (торможения): $s_{p-т} = 1204$ м.

Тяговое усилие на участке разгона: $N_p = ma = 40\,000 \cdot 2 = 80$ кН.

Мощность линейного синхронного двигателя на участке разгона: $P_p = N_p \cdot v = 80\,000 \cdot 69,4 = 5\,552\,000$ Вт $\approx 5,6$ МВт.

Мощность линейного синхронного двигателя на крейсерской скорости (основной участок пути): $P_k \approx 560$ кВт = 0,56 МВт.

Экономический эффект от применения магнитолевитационной технологии на сети железных дорог ОАО «РЖД» и срок окупаемости определяются следующими показателями.

Исходные параметры

Грузовая магнитолевитационная магистраль морской порт Усть-Луга – сухой порт Москва имеет длину 829 км (рис. 2).

Средняя скорость движения грузовой магнитолевитационной платформы – 250 км/ч (без обтекателя) и 500 км/ч (с обтекателем). Время в пути, соответственно, 3 ч 20 мин. и 1 ч 40 мин.

Стоимость строительства 1 км 2-путной линии с инфраструктурой – 824 млн руб. Стоимость строительства 2-путной магистрали ~ 683 млрд руб. Стоимость грузовой платформы – ~25 млн руб. Стоимость 682 грузовых платформ (в режиме движения на крейсерской скорости 250 км/ч) на 2 пути – ~17 млрд руб.

Общие капитальные затраты с подвижным составом – ~ 700 млрд руб. Сдача «под ключ» – в течение 5 лет. Ежегодная потребляемая электроэнергия (24 ч): $\Sigma W = \Sigma P \cdot 24 = 764 \cdot 24 = 18336 \text{ МВт}\cdot\text{ч} \approx 18,4 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Ежегодная стоимость потребляемой электроэнергии: $\Sigma_c = \Sigma W \cdot 3,4 \text{ (р./кВт}\cdot\text{ч)} = 18,4 \cdot 10^6 \cdot 3,4 = 62,342 \text{ млн руб.}$

Эксплуатационные расходы за год (затраты на электроэнергию):

$$\Sigma = 365 \cdot \Sigma_c = 365 \cdot 62,342 = 22,75 \text{ млрд руб.}$$

Стоимость доставки 1 контейнера по маршруту (исходя из потребляемой электроэнергии): $\Sigma_1 = \Sigma_c : 5000 = 62 \cdot 342 \cdot 000 : 5000 \approx 12,5 \text{ тыс. руб.}$

Рыночная стоимость доставки 1 контейнера по маршруту – 60 тыс. руб.

Количество контейнеров, обработанных за 1 год:

$$M_{\text{год}} = 365 \cdot 5000 = 1,825 \text{ млн.}$$

Общая рыночная стоимость доставки контейнеров за год:

$$\Sigma M_{\text{год}} = M_{\text{год}} \cdot 60 \cdot 000 = 1 \cdot 825 \cdot 000 \cdot 60 \cdot 000 = 109,5 \text{ млрд руб.}$$

Ежегодная прибыль:

$$\Delta M = 109,5 - 22,75 = 86,74 \text{ млрд руб.}$$

Срок окупаемости магнитолевитационной магистрали:

$$\Delta T = 700 : 86,74 \approx 8 \text{ лет.}$$



Рис. 3. Грузовой магнитолевитационный конвейер между морским и «сухим» тыловым терминалами



Рис. 4. Схема развития магнитолевитационного транспорта в мире



Рис. 5. Экспериментальный полигон грузового магнитолевитационного транспорта. General Atomics, USA

Помимо перечисленных качеств конвейерный магнитолевитационный транспорт перемещает контейнеры между морским и сухим тыловым терминалами экологичным и эффективным способом (рис. 3).

Современное состояние грузового магнитолевитационного транспорта

Как показано на ретроспективной схеме развития магнитолевитационного транспорта (рис. 4), его коммерческие линии являются исключительно пассажирскими. Высоких достиже-

ний в разработке грузовых систем добились Ливерморская национальная лаборатория им. Э. Лоуренса и компания «Дженерал Атомикс» в США. Их совместными усилиями в Калифорнии построен полигон длиной 1,5 км, где испытываются грузовые платформы для перевозки 40-футовых морских контейнеров (рис. 5) [5].

Основные узлы и компоненты грузовой магнитолевитационной транспортной платформы, базируемой на четырех модулях, представлены на рис. 6.

Отечественные разработки

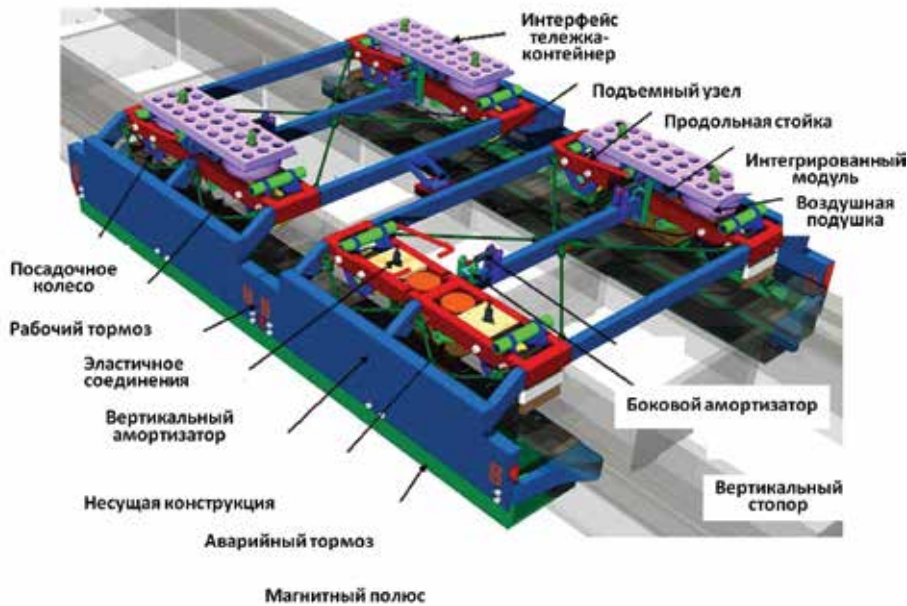


Рис. 6. Макет грузовой магнитолевитационной транспортной платформы

Для создания научно-технического задела в области транспортных систем на основе магнитной левитации Научно-образовательный центр инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС) провел цикл фундаментальных исследований по разработке отечественной магнитолевитационной транспортной технологии «МагТранСити». Работы проходили преимущественно за счет грантов Российского фонда фундаментальных исследований с участием ОАО «РЖД» в софинансировании.

Между ОАО «РЖД» и ПГУПС заключен договор о разработке и испытани-

ях грузовой транспортной платформы на основе магнитной левитации. В этом проекте принимают участие ОАО «НИИЭФА им. Д. В. Ефремова», ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО», ОАО «НВЦ "Вагоны"», ОАО «Национальные скоростные дороги». В текущем году планируется изготовить полномасштабный макет грузовой транспортной платформы и построить испытательный участок на территории ОАО «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова».

Проектируемая грузовая транспортная платформа будет состоять из двух несущих тележек-модулей (рис. 7). Принятая конструкция позволяет транспортировать контейнеры серий 1AAA, 1AA или 1 A.



Рис. 7. Компонка и габариты проектируемой грузовой магнитолевитационной транспортной платформы

Внедрение магнитолевитационной технологии на транспорте станет стимулом для создания высокоинтеллектуального научно-производственного потенциала. Этого можно достичь при развитии национальной фундаментальной, прикладной науки и профессионально-образовательной высшей школы, формировании отечественных проектных организаций и создании наукоемких производств для выпуска новейших образцов транспортного оборудования мирового уровня.

Эксплуатация магнитолевитационного транспорта предусматривает широкое внедрение спутниковой навигационной технологии для обеспечения диагностики, связи, наземного и бортового автоматического управления по Международному стандарту IRIS, который подлежит соответствующей корректировке.

Относительно короткие сроки окупаемости гарантируют реализацию проекта путем привлечения частного капитала, а не бюджетных средств.

Научный задел, технические и производственные возможности организаций, привлеченные к созданию грузового магнитолевитационного транспорта, достаточны для решения поставленной задачи. ■

Литература

1. Антонов Ю. Ф., Зайцев А. А. Магнитолевитационная транспортная технология. М.: Физматлит, 2014. 476 с.
2. Антонов Ю. Ф., Зайцев А. А. Особенности магнитолевитационной технологии для общественного транспорта // Известия ПГУПС. 2012. Вып. 3. С. 11–18.
3. Powell J., Danby G. Maglev: Transport Mode For the 21st Century // EIR Science & Technology. 2007. P. 47– 60. (This article was submitted as a discussion document for the Schiller Institute's Sept. 15–16, 2007 conference in Kiedrich, Germany, on the Eurasian Land-Bridge).
4. maglev.ir/eng/documents/presentations/IMT_P_8.pdf. (Suspension (EMS) Technology TransRapid's High-Speed Freight Design CCoTT Southern California Freight initiative: Transrapid RCM System CCoTT Southern California Freight Initiative...)
4. General Atomics Low Speed Maglev Technology Development Program (Supplemental #3). Final Report. FTA-CA-26-7025. 2005. May 2005.