

## Раздел 1. ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ

УДК: 656.2.027.3

**Б. М. Лapidус**

Объединенный ученый совет ОАО «РЖД»  
Международный совет по железнодорожным исследованиям (IRRB)  
Международный Союз железных дорог (UIC)

### О СОЗДАНИИ ВАКУУМНО-ЛЕВИТАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Дата поступления 19.04.2016

Решение о публикации 29.04.2016

Дата публикации 30.09.2016

***Аннотация:*** Начало двадцать первого века характеризуется усилением глобальных приоритетов в развитии транспортной системы. Переход к ресурсоэффективной экономике с минимальным воздействием на экологию и климат требует развития инновационных технологий на транспорте. Помимо инноваций драйвером развития технологий на железнодорожном транспорте является растущая конкурентоспособность альтернативных видов транспорта (авиационный, автотранспорт).

Современные оценки скоростных параметров транспортной системы основаны на контактных парах «колесо – рельс» и «токоприемник – контактный провод», которые определяют предел скорости на уровне 350–360 км/час. Для построения эффективных высокоскоростных транспортных средств обоснован бесконтактный способ передачи энергии от инфраструктуры к подвижному составу – магнитно-левитационный. Однако из-за сохранения высокого уровня сопротивления окружающей воздушной среды подвижного состава реализуемая скорость ограничена 450–500 км/час.

Проект транспортной системы, основанный на использовании искусственно созданной вакуумной среды для движения транспортного средства по принципу магнитной или аэролевитации, базируется на «подрывных» для традиционных видов транспорта технологиях. Физическая основа проекта – многократное снижение сопротивления воздушной среды движущемуся транспортному средству, определяет многократный энергетический эффект.

Алгоритм подготовки концепции проекта создания высокоскоростной системы с использованием вакуумно-левитационного поезда представляет собой систему организационно-выстроенных шагов по формированию фундаментальной научной основы для создания высокоскоростного сообщения до 1000 и более км/час на новых принципах.

Особое значение для России и мирового сообщества может иметь разработка принципиально нового вида транспорта – вакуумно-левитационной «контейнерной системы», которая по принципу непрерывного скоростного конвейера смогла бы обеспечить многократный рост конкурентоспособности российской транспортной системы в глобальном товарообмене между странами Европы и Азии.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, конкуренция на рынке транспортных услуг, безопасность, доступность, качество перевозок, скорость, себестоимость перевозок, «подрывные» технологии, прорывные технологии, магнитная левитация, вакуумная среда, скоростные ограничения, вакуумно-левитационный поезд, аэродинамическое сопротивление движению, Объединенный ученый совет, экспертные группы ученых, сверхвысокие скорости, вакуумно-левитационная транспортная система, трансформация железнодорожной системы, вакуумно-левитационная контейнерная система.

**Boris M. Lapidus**

Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways"

The International Council on Railway Research (IRRB)

International Union of Railways (UIC)

ON THE ESTABLISHMENT OF VACUUM-LEVITATION TRANSPORT SYSTEM

**Abstract:** The beginning of the twenty-first century is characterized by strengthening of global priorities in the transport system development. The transition to a resource efficient economy requires the development of innovative technologies in transport. Besides innovations the driver of the development of technologies in railway transport is the growing competitiveness of alternative transport modes (aviation, road transport).

Modern estimates of high-speed parameters of transport system are based on the contact pairs «wheel – rail» and «collecting pantograph – contact wire», which predetermine the speed limit at the level of 350–360 km/h. In the paper, the contactless of energy transmission from infrastructure to rolling stock (magnetic levitation method) is substantiated for creation of efficient high-speed transport means. However, due to a high level of environmental air resistance of rolling stock, the speed is limited to 450–500 km/h.

The transport system project, which based on using artificially created vacuum environment for the movement of transport mean by the principle of a magnetic or aero levitation, bases on "disruptive" technologies for traditional transport modes. The physical basis of the project is a multiple reduction of air resistance to the moving transport mean. It predetermines the multiple energy effect.

An algorithm for preparation of the project concept for a high-speed system using vacuum-levitation train system of the organizational represents a sequence of steps. Its goal is to create fundamental scientific principles for development of a high-speed service of up to and over 1000 km/h.

The development of a fundamentally new transport mode – vacuum-levitation «container system» can have a particular importance for Russia and the world community. It could provide a multiple growth of Russian transport system competitiveness in the global goods exchange between Europe and Asia.

**Keywords:** railway transport, competition in the market of transport services, safety, availability, transportation quality, speed, transportation costs, "disruptive" technologies, breakthrough technologies, magnetic levitation, vacuum environment, speed limits, vacuum-levitation train, aerodynamic resistance to movement, Joint Scientific Council, expert groups of scientists, ultrahigh speeds, vacuum-levitation transport system, transformation of railway system, vacuum-levitation container system.

## **Введение**

Визитной карточкой любой страны являются отрасли экономики, без которых она существовать не может. Очевидно, что с учетом географических и экономических особенностей нашей страны, в России такую роль выполняют железные дороги.

Начало двадцать первого века характеризуется усилением глобальных приоритетов в развитии транспортной системы [1, 2].

Стремление стран найти способы уменьшения зависимости роста экономики от использования ресурсов и энергии, а также достигнуть перехода к ресурсоэффективной, растущей экономике с минимальным использованием углерода, избегая тем самым загрязнения окружающей среды и транспортных заторов, требует значительных усовершенствований и систематических и радикальных изменений в сфере технологий, обеспечивающих «масштабное обезуглероживание» [3].

Развитие современного транспорта зависит от наличия научно-обоснованной государственной транспортной Стратегии, сбалансированной программы развития технологического и организационного уровня предприятий как самой транспортной системы, так и поставщиков оборудования, определяющего технологический уровень транспортной системы.

Помимо традиционных требований к безопасности, доступности и качеству перевозок наиболее четко проявляются требования к экологичности, мультимодальности и скорости оказываемых транспортных услуг [4, 5].

## **Факторы влияния на развитие железнодорожного транспорта**

Наиболее сильное влияние на развитие железнодорожного транспорта как технологической и бизнес системы оказывает воздействие двух главенствующих факторов:

Первый фактор – растущая конкурентоспособность альтернативных видов транспорта (авиация, автотранспорт, водный транспорт) по принципу развития поддерживающих и прорывных технологий в самой транспортной подсистеме. Как правило, они позволяют поддержать стабильность и улучшить технико-экономические параметры транспортных продуктов, прежде всего – скорость и себестоимость перевозок. Опора на развитие

прорывных технологий позволяет придать базовым характеристикам продуктов количественный рост, например, изменение скорости в 1,5–2 раза, снижение себестоимости на десятки процентов. При этом перераспределение спроса на продукт происходит внутри традиционного рынка и, как правило, между представителями традиционных продуктовых сегментов, или внутри них.

Второй фактор – появление подрывных<sup>1</sup> технологий, фактически формирующих новый рынок (или, по крайней мере, сегмент рынка) с предложением продукта принципиально нового качества, обеспечивающего формирование нового спроса. При этом полностью разрушается интерес потребителей к традиционным продуктам, оставляя целые сегменты рынка устаревшими элементами экономической и технологической истории. Современными примерами таких «подрывных» технологий являются появление мобильной связи относительно проводной, цифровых устройств хранения информации против аналоговых и др.

Проект транспортной системы, основанной на использовании искусственно созданной вакуумной среды для движения транспортного средства по принципу магнитной или аэролевитации, безусловно относится к проектам, базирующимся на подрывных для традиционных видов транспорта технологиях, поскольку проектируемые и заявляемые характеристики нового продукта в разы превосходят соответствующие характеристики традиционного наземного транспорта.

### **Вакуумная среда для магнитно-левитационного движения – решение для сверхвысоких скоростей**

Физическая основа проекта – многократное снижение сопротивления воздушной среды движущемуся транспортному средству – позволяет увеличить скорость доставки объекта (как пассажира, так и товара) по сравнению с традиционными наземными видами транспорта в пять-десять раз.

Теоретические оценки затрат энергии на создание разряженной среды для движения транспортной единицы в сравнении с аналогичными затратами энергии, необходимой для достижения той же скорости в естественной воздушной среде предполагают многократный энергетический эффект.

Практическое решение этой задачи представляется вполне реалистичным, поскольку уже имеющиеся технические решения

---

<sup>1</sup> Термин «Подрывные технологии» введен профессором Гарвардской Бизнес школы Клейтоном М. Кристенсоном. Клейтон М. Кристенсен. Дилемма инноватора: Как из-за новых технологий погибают сильные компании. Пер. с англ. 4-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2015. 238 с.

позволяют создавать в крупных замкнутых объемах разряженную среду с глубиной, приближающейся к нулю.

Известно, что такие взаимосвязанные величины, как сила тяги, мощность двигателя, нагрузка на ось и коэффициент сцепления определяют приемлемый предел эксплуатационной скорости подвижного состава, который в настоящее время на высокоскоростных магистралях достигает 300–330 км/час.

Увеличить коэффициент сцепления можно за счет увеличения нагрузки на ось, однако теоретически и практически доказано, что нагрузки на ось ограничиваются скоростными параметрами, как с учетом стоимостных характеристик инфраструктуры, так и условиями, гарантирующими безопасность эксплуатации.

Токосъем высокоскоростных поездов осуществляется через механический контакт токоприемника с контактным проводом. При больших скоростях движения, как показывают расчеты и практика эксплуатации, такой токосъем становится неэффективным и имеет предел для постоянного тока – 200 км/ч, а для переменного – 350 км/ч. На уровне современной оценки перспективы увеличения скорости транспортной системы колесо – рельс и токоприемник – контактный провод величина скоростных ограничений сходится на скоростях 350–360 км/ч [6]. Можно поставить задачу увеличить скорость, но в процессе практического использования дальнейшее увеличение скорости наземного транспорта, основанного на трибологических системах колесо – рельс, пантограф – контактный провод будет требовать существенного роста затрат на производство, эксплуатацию и энергопотребление.

В условиях достигнутых фундаментальных скоростных ограничений системы колесо – рельс для построения и эффективной эксплуатации перспективных транспортных средств обоснован принципиально другой, бесконтактный способ передачи энергии, трансформируемой в силу тяги подвижного состава относительно инфраструктуры – магнитно-левитационный.

В то же время использование магнитно-левитационного привода для тяги не позволит повысить скорость движения на принципиально больший уровень, чем на высокоскоростных магистралях из-за сохранения ограничивающего скорость воздействия сопротивления окружающей воздушной среды подвижному составу.

Научное сообщество уже более ста лет видит принципиальным решением для кратного увеличения скорости использование принципа магнитной левитации в сочетании с искусственно создаваемой перед движущимся составом вакуумной (или приближенной к вакууму) «воздушной» среды, что позволит повысить скорость магнитно-левитационного поезда с 400–500 км/час до 1000 и более км/час.

Теоретически исследования показывают, что без оценки воздействия сверхвысоких скоростей на организм человека, скорость подвижного состава в вакуумной среде может достигать 6 Мах (6000 км/ч) [7].

Предварительные экспертные оценки позволяют сделать вывод, что целесообразной целевой скоростью при проектировании вакуумно-левитационных транспортных систем является скорость 1000–1200 км/час.

При использовании технологии Маглев в разреженной воздушной среде при крейсерской скорости 1000–1200 км/ч, можно обеспечить быстрое ускорение и тормозной путь, бесконтактная магнитная левитация увеличивает ресурс узлов передачи тяговой силы, обеспечивая энергетическую эффективность благодаря отсутствию механического контакта и высокому КПД линейного двигателя.

Вместе с тем, наряду с решением задачи снижения сопротивления движению, проектирование транспортной системы нового технологического уклада, помимо конструкционного проектирования, требует решения целого ряда физико-технологических задач, таких как:

- выбор принципа и технологии передачи энергии для разгона и торможения транспортного средства на основе левитации [магнитной или воздушной],
- определение допустимых режимов разгона, торможения с точки зрения физиологических ограничений для пассажира,
- выбор технических решений для торможения,
- определение безопасных и технологически целесообразных интервалов движения транспортных средств в попутном направлении,
- выбор конструкции «разворотных» устройств на конечных и промежуточных терминалах,
- выбор конструктивных решений для поперечной стабилизации транспортного средства в вакуумной трубе (тоннеле),
- проектирование системы вертикальной стабилизации энергетического клиренса левитационной системы для обеспечения необходимых параметров передачи энергии в системе инфраструктура – транспортная единица,
- технико-экономическая оценка оптимальных габаритов системы «тоннель – транспортная единица» для пассажирского и специального грузового сообщения,
- оценка возможности и целесообразности создания вакуумно-левитационной системы для транспортировки стандартных и специализированных контейнеров.

Алгоритм подготовки концепции проекта создания сверхвысокоскоростной транспортной системы с использованием вакуумно-левитационного поезда (ВЛП)<sup>2</sup> представляет собой системно

---

<sup>2</sup> Термин предложен автором.

выстроенную цепочку организационных шагов, направленных на формирование фундаментальной научной основы для создания высокоскоростного сообщения, обеспечивающего кардинально более высокое качество перевозок на новых физических принципах.

Решение задачи предусматривает формирование в рамках деятельности Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» рабочей группы для изучения вопросов, связанных с перспективой применения вакуумной среды и принципов магнитно(воздушно)-левитационного движения для создания скоростных транспортных систем нового технологического уровня.

### **Алгоритм подготовки концепции создания вакуумно-левитационной транспортной системы**

Работа состоит из ряда организационно-исследовательских этапов (шагов) по формированию перечня научных задач, которые необходимо решить для реализации проекта по следующим направлениям:

#### **1) Определение сферы применения новой транспортной системы на основе определения:**

- ниши в общей системе транспортного рынка, которую должен занять новый транспортный продукт;
- технико-экономических характеристик (габаритов трубы и подвижного состава, скорости, внутреннего пространства подвижного состава и его конфигурации) для обеспечения удобства перевозки пассажиров и грузов.

**2) Определение характеристик (плотности воздушной среды, применения инертных газов и др.) вакуумной среды с учетом экономической эффективности и технических возможностей, а также технических средств (насосов) по созданию разреженного пространства.**

#### **3) Определение принципов движения поезда в трубе:**

- оценка возможностей применения магнитной левитации и альтернативных физических принципов;
- разработка требований к тяге подвижного состава;
- оценка негативного воздействия магнитного излучения и защита пассажиров от него;
- определение требований к плану и профилю системы: инфраструктурное полотно – вакуумный тоннель (труба);
- формирование требований к форме и размерам подвижного состава с учетом требований к аэро- и термодинамическим свойствам и характеристикам

#### **4) Определение задач по подбору и разработке инновационных материалов:**

- сверхпроводников для передачи тока для создания магнитной левитации;
- конструкционных сталей и полимеров для подвижного состава и оболочки вакуумной трубы;
- и т. д.

### **5) Формирование требований к системам обеспечения безопасности.**

Подготовка концептуальных предложений для включения в техническое задание для проектирования системы осуществляется под руководством ведущих ученых – членов Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».

При этом реализация программных задач на каждом из «шагов» должна быть обеспечена временными экспертными группами ученых из ведущих академических (РАН) и отраслевых (ОАО «РЖД», университеты путей сообщения) научных коллективов.

По отдельным направлениям исследований создаются секции с привлечением специалистов из специализированных научных областей:

- по вакуумной среде и вакуумным технологиям;
- сверхпроводимости;
- магнитной левитации;
- новых конструкционных материалов;
- проектированию корпусов авиационных транспортных средств;
- аэротермодинамике;
- и др.

В рамках каждого направления требуется проведение детального анализа мирового опыта и фундаментальных заделов отечественной науки. При этом крайне положительными и полезными являются выполненные в Санкт-Петербургском университете путей сообщения исследовательские работы и конструкторские эксперименты по созданию транспортной системы на магнитном подвесе [8].

Для подготовки предложений по финансированию конкретных подпроектов в рамках каждого направления требуется подготовка грантовых тематик, определяющих научные решения базовых, фундаментальных задач.

При формировании научного фундамента этой задачи требуется выполнить математическое моделирование сопротивления движения поезда [9] за счет вариативности плотности воздушной среды в тоннеле или ее химического состава (например, использование гелиевого наполнителя).

Убрать, или, по крайней мере, существенно снизить аэродинамическое сопротивление, которое испытывает транспортное средство, перемещаясь в атмосфере, ученые пытаются достаточно давно.



Еще в 1914 году российским ученым Б. Вайнбергом предложено решить эту задачу путем помещения транспортного средства в трубу с откаченным из нее воздухом (рис. 1).

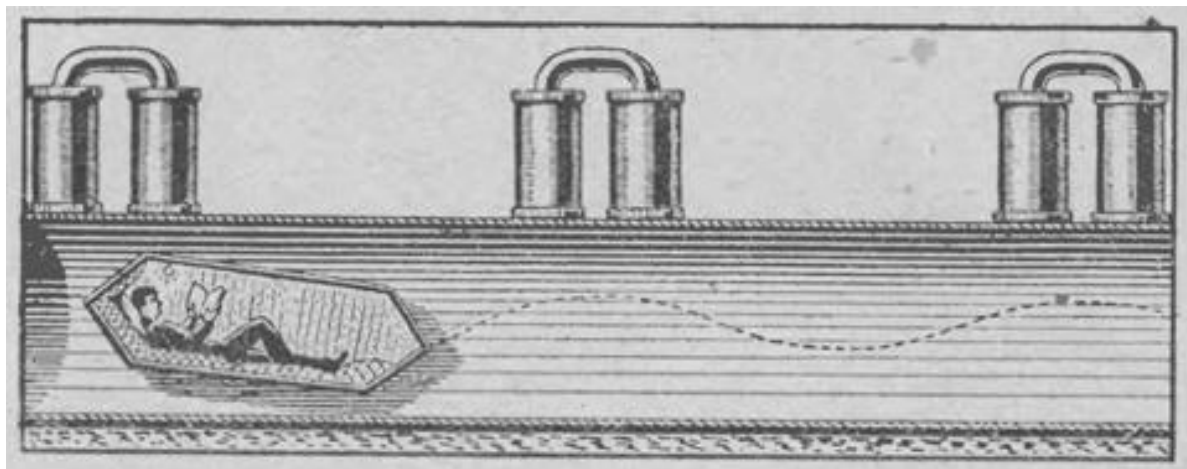


Рис. 1. Вакуумный поезд Вайнберга (эскиз)

Очевидно, что движение со сверхвысокими скоростями будет сопровождаться высоким температурным нагревом элементов подвижного состава и инфраструктуры, следовательно серьезной научной задачей является выбор, а, возможно, и создание соответствующих материалов для создания конструкций.

При этом дополнительным преимуществом вакуумно-левитационной транспортной системы является сниженная потребность в землеотвождении, поскольку инфраструктура системы может быть построена не только в подземном, но и в подводном пространстве (рис. 2). Подобный подход рассматривался на Международном форуме в Республике Корея [10].

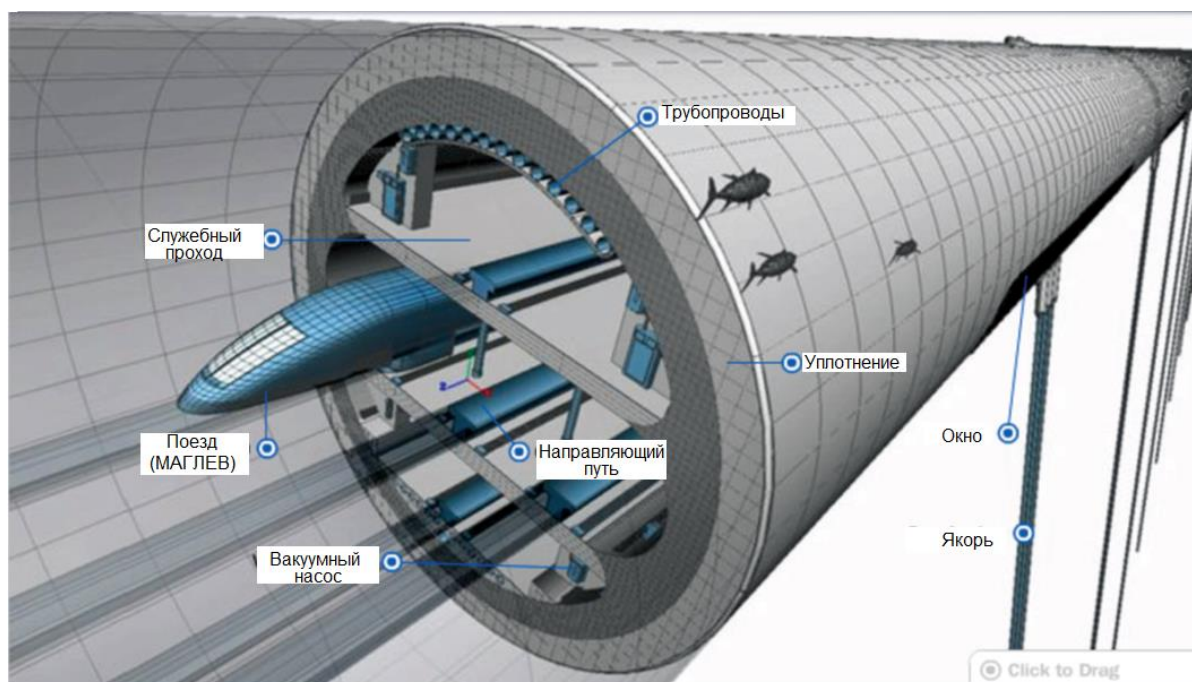


Рис. 2. Вариант подводной ВСМ (вакуумный поезд) [7]

Вопросам строительства подводных и погружных тоннелей уделяется большое внимание в рамках деятельности Международной тоннельной ассоциации (ИТА) [11, 12].

## **Условия трансформации железнодорожной системы**

Системный подход к построению гарантированного успеха в будущем для железнодорожной отрасли открывает очевидность принятия своевременных решений по трансформации железнодорожной системы на основе заимствования конкурентных преимуществ других транспортных отраслей. При органичном подтвержденном временем достоинстве железнодорожных перевозок по таким критериям как непрерывность, массовость, безопасность, номенклатурная диверсифицированность услуг, железные дороги в своем развитии, ориентированном в будущее, должны перенимать у своих конкурентов их главные конкурентные преимущества: от морского транспорта – массовость и низкий уровень себестоимости, от воздушного – скорость, от автомобильного – гибкость услуг и их адресность и т. д.

Эти подходы к развитию железнодорожного транспорта и транспортной системы в целом не новы, у них богатая технологическая история, но все прорывные предложения и проекты в области транспорта преследуют достижения нового уровня услуг именно исходя из таких подходов.

Наибольшая активность на мировом рынке транспортных инноваций проявляется в настоящее время в США, Китае, Японии, Республике Корея. Причем развитие вакуумной магнитно-левитационной транспортной системы по инициативе американского предпринимателя-инноватора Элона Маска осуществляется на открытой конкурсной основе с использованием краудсорсинговых технологий. В объявленном, к примеру, конкурсе на разработку вагона-капсулы для вакуумной системы Hyperloop участвуют десятки студенческих проектных команд, в том числе проектная команда из университета Delft из Голландии, по мнению проектного офиса Hyperloop наиболее продвинувшиеся в проекте.

Этот пример подтверждает одну из главных идей глобализации – всемирное достояние инноваций и открытость знаний в XXI веке. Очевидно, что конкурентное соревнование проектных команд в создании вакуумно-левитационного поезда (транспортной системы) позволит уже в ближайшие годы добиться результата – создания качественно новой системы транспортных услуг, которая в свою очередь окажет решающее значение на трансформацию социально-экономических связей как внутри наших стран, так и в глобальном пространстве.

## **Заключение**

Российская фундаментальная и прикладная наука обладают не только теоретическими знаниями, необходимыми для создания «прорывных» транспортных технологий, но и возможностью нахождения принципиально новых технологических и конструкторских решений для конкуренции с мировыми инновационными лидерами.

Особое значение для России и мирового экономического сообщества может стать разработка принципиально нового вида транспорта – вакуумно-левитационной «контейнерной системы», которая по принципу непрерывного скоростного конвейера смогла бы обеспечить многократный рост конкурентоспособности российской транспортной системы в глобальном товарообмене между странами Европы и Азии.

## **Выводы**

Задачей научного сообщества является формирование объективного информационного поля, поддерживающего нацеленность научных коллективов на создание «подрывных» технологий для выхода российского рынка транспортных услуг на конкурентоспособный мировой уровень, стимулирующего внимание государства и бизнес-сообщества к финансированию проектов и повышающего интерес творческой молодежи к научным исследованиям и проектированию принципиально новых транспортных систем.

В этом смысле, действия Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» по разработке концепции вакуумно-левитационной транспортной системы и накапливаемый научно-экспериментальный опыт научно-образовательного центра инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок ПГУПС по созданию магнитолевитационного подвижного состава [6] являются крайне своевременными.

## **Библиографический список**

1. Declaration from Ministers on Transport for a Changing World / International Transport Forum. OECD. Leipzig, 2014. [Электронный ресурс]. – Код доступа: <http://www.exclub.ru/upload/blog/ITF14-Declaration.pdf> (дата обращения 21.04.2016 г.).
2. A Global Vision for Railway Development / International Union of Railways (UIC), IRRB, Paris, 2015. [Электронный ресурс]. – Код доступа: [http://www.uic.org/IMG/pdf/global\\_vision\\_for\\_railway\\_development.pdf](http://www.uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf) (дата обращения 18.04.2016 г.).

3. Клейтон М. Кристенсен. Дилемма инноватора: Как из-за новых технологий погибают сильные компании. Пер. с англ. 4-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2015. – 238 с.
4. Лapidус Б. М., Лapidус Л. В. Железнодорожный транспорт: философия будущего. – М.: Прометей, 2015. – 232 с.
5. Лapidус Б. М., Лapidус Л. В. Социально-экономические предпосылки развития высокоскоростного сообщения в России // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика, 2014. – № 6. – С. 52-63.
6. Антонов Ю. Ф., Зайцев А. А. Магнитолевитационная транспортная технология / под ред. В. А. Гапановича. – М.: Физматлит, 2014. – 476 с.
7. Building a Transcontinental Tunnel / Discovery, 2010. [Электронный ресурс]. – Код доступа: <http://www.discovery.com/tv-shows/other-shows/videos/mega-engineering-building-a-transcontinental-tunnel/> (дата обращения 21.04.2016 г.).
8. Зайцев А. А. Отечественная транспортная система на основе магнитной левитации // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», 2015. – № 6 – С. 22-27.
9. Кирякин В. Ю. Применение вакуумной среды для создания скоростных транспортных систем. Математическое моделирование обтекания объектов (метод дискретных вихрей) / В. Ю. Кирякин, В. Ш. Лежава, А. В. Новгородцева // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», 2015. – № 6. – С. 28-36.
10. Лapidус Б. М. Прорывные инновационные задачи железнодорожной науки и предлагаемые решения // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2014. – № 3. – С. 1-11.
11. Innovative Technologies for Railway System: International Forum on Innovative Railway // 2014 International Seminar on Innovations for Future Transportation, 2014. – pp. 41-59.
12. Tunneling and Underground Space Technology. Pergamon Press Ltd., 1997. – vol. 12. – no. 2. – pp. 317-336.

## References

1. *Declaration from Ministers on Transport for a Changing World*. International Transport Forum. OECD. Leipzig, 2014. URL: <http://www.exoclub.ru/upload/blog/ITF14-Declaration.pdf> (21.04.2016).
2. *A Global Vision for Railway Development*. International Union of Railways (UIC), IRRB, Paris, 2015. URL: [http://www.uic.org/IMG/pdf/global\\_vision\\_for\\_railway\\_development.pdf](http://www.uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf) (18.04.2016).

3. Kleyton M. Kristensen. *Dilemma innovatora: Kak iz-za novykh tekhnologiy pogibayut sil'nye kompanii* [The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail]. Moscow, 2015. 238 p.

4. Lapidus B. M., Lapidus L. V. *Zheleznodorozhnyy transport: filosofiya budushchego* [Railway Transport: the Philosophy of the Future]. Moscow, Prometei, 2015. 232 p.

5. Lapidus B. M. & Lapidus L. V. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika – The Herald of Moscow State University. Series 6. Economics*, 2014, no. 6, pp. 52–63.

6. Antonov Yu. F. & Zaytsev A. A. *Magnitolevitatsionnaya transportnaya tekhnologiya* [Magnetic levitation transport technology]. Moscow, 2014. 476 p.

7. *Building a Transcontinental Tunnel*. Discovery, 2010. URL: <http://www.discovery.com/tv-shows/other-shows/videos/mega-engineering-building-a-transcontinental-tunnel/> (21.04.2016).

8. Zaytsev A. A. *Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO "RZhD" – Bulletin of Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways"*, 2015, no. 6, pp. 22–27.

9. Kiryakin V. Yu., Lezhava V. Sh. & Novgorodtseva A. V. *Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO "RZhD" – Bulletin of Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways"*, 2015, no. 6, pp. 28–36.

10. Lapidus B. M. *Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO "RZhD" – Bulletin of Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways"*, 2014, no. 3, pp. 1–11.

11. Innovative Technologies for Railway System: International Forum on Innovative Railway. 2014 International Seminar on Innovations for Future Transportation, 2014, pp. 41–59.

12. *Tunneling and Underground Space Technology*, 1997, vol. 12, no. 2, pp. 317–336.

**Сведения об авторе:**

ЛАПИДУС Борис Моисеевич, д.э.н., профессор, председатель Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», председатель Международного совета по железнодорожным исследованиям (IRRB) Международного Союза железных дорог (UIC)  
E-mail: [chapaev.yuriy@vniizht.ru](mailto:chapaev.yuriy@vniizht.ru)

**Information of author:**

Boris M. LAPIDUS, Doctor of Economic Sciences, Professor, Chairman of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways", the Chairman of the International Railway Research Board (IRRB) of the International Union of Railways (UIC)  
E-mail: [chapaev.yuriy@vniizht.ru](mailto:chapaev.yuriy@vniizht.ru)