

УДК [UDK] 625.1/.5

DOI 10.17816/transsyst2018041138-154

© В.В. Шматченко, П.А. Плеханов, Д.Н. Роенков, В.Г. Иванов

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

Санкт-Петербург, Россия

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ И РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ

Аннотация. Рассматриваются вопросы подготовки специалистов и разработки нормативной базы проектирования магнитолевитационных транспортных систем (МЛТС) в России.

Введение: Развитие магнитолевитационных транспортных технологий в России требует подготовки специалистов и разработки нормативной базы проектирования МЛТС, при этом особое внимание следует обратить на специфичные для МЛТС вопросы, связанные с системами тяги, левитации, боковой стабилизации, электроснабжения, а также с обеспечением комплексной безопасности.

Анализ: Магнитолевитационная транспортная технология представляет собой развитие традиционной технологии «колесо – рельс» на основе использования линейного тягового двигателя и системы магнитной левитации (электромагнитной, электродинамической, на основе постоянных магнитов, комбинированной). Разные типы МЛТС имеют свои преимущества и ограничения, поэтому необходимо обосновать выбор оптимальной технологии.

Важным вопросом является выбор (разработка) линейных тяговых двигателей для МЛТС на основе согласованного формирования четырех моделей: электромагнитной, тепловой, механической, стоимостной.

Также важно обеспечить комплексную безопасность МЛТС: прикладное наполнение систем менеджмента комплексной безопасности должно соответствовать этапам жизненного цикла систем kolejного транспорта, изложенным в стандартах EN 50126, EN 50128 и EN 50129.

Методы: Методологической основой подготовки специалистов и разработки нормативной базы должен стать системный подход, который определяется разнообразием и сложностью физических процессов МЛТС. Проектная и рабочая документация на проектирование и строительство МЛТС на территории России должна

составляться в соответствии с действующим российским законодательством, предусматривающим применение специальных технических условий для новых технических систем.

Выводы: Сегодня специалистов для МЛТС целесообразно готовить на основе программ переподготовки и повышения квалификации инженерных кадров, имеющих базовое железнодорожное образование. Всеми необходимыми компетенциями для разработки и реализации таких образовательных программ обладает Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I: сотрудники университета на протяжении многих лет работают над магнитолевитационными транспортными технологиями в России на основе как собственных исследований, так и обобщения отечественного и мирового опыта, создают проекты нормативных технических документов для будущих МЛТС.

Ключевые слова: магнитолевитационные транспортные системы, подготовка специалистов, нормативная база проектирования.

© V.V. Shmatchenko, P.A. Plekhanov, D.N. Roenkov, V.G. Ivanov
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

TRAINING OF SPECIALISTS AND DEVELOPMENT OF DESIGN REGULATORY FRAMEWORK FOR RUSSIAN MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT SYSTEMS

The article deals with the issues of training of specialists and development of design regulatory framework for Russia's magnetic levitation transport systems.

Introduction: The development of maglev technologies in Russia requires solving the task of training specialists and developing the design regulatory framework for the magnetic levitation transport systems (MLTS). The MLTS related specific issues, namely traction, levitation, lateral stabilisation, power supply systems as well as overall safety, should receive special attention.

Analysis: The maglev transport technology is a further development of a conventional "wheel-track" technology, employing the linear motor and the magnetic levitation system (electromagnetic, electrodynamic, the permanent magnets-based system, and combined types). Each type of MLTS possesses its advantages and limitations, which points at the necessity to justify the choice of an optimal technology.

A crucial issue is to choose (develop) a linear motor for MLTS on the basis of the four related aspects: electromagnetic, thermal, mechanical, and the cost related one.

Another significant issue is the overall safety provision of MLTS. The elaboration of the quality management system should be carried out in accordance with all stages of the life cycle of the wheel-track transport, which is specified in EN 50126, EN 50128, and EN 50129.

Methodology: The methodological base of training specialists and developing the design regulatory framework should become a systematic approach. The necessity of the application of this approach lies in the variety and complexity of physical processes of MLTS. The development of the project and working documentation of the design and construction of MLTS in the territory of Russia should be carried out in accordance with the active Russian legislation, which specifies the application of Special Technical Regulations for new technical systems.

Conclusion: As of today, it is reasonable to develop the training of specialists for MLTS on the basis of the qualification upgrade and professional retraining programmes of the engineering staff, who already possess the fundamental railway education. All the necessary expertise and competences are available at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. For many years, the university's specialists have been working on the development of the maglev technologies in Russia both on the basis of their own researches and on the study and generalisation of the national and international experience. They have also been developing the projects of the design regulatory framework for future MLTS.

Keywords: Magnetic levitation transport systems, training of specialists, design regulatory framework.

Магнитолевитационная транспортная технология как следующий этап инновационного развития традиционного железнодорожного транспорта требует подготовки специалистов и разработки нормативной базы проектирования магнитолевитационных транспортных систем (МЛТС) по вопросам:

- инфраструктуры;
- подвижного состава;
- системы тяги, левитации и боковой стабилизации;
- электроснабжения;
- организации и управления движением;
- обеспечения комплексной безопасности;
- обслуживания пассажиров и логистики;
- экономики, включая вопросы материально-технического обеспечения строительства и эксплуатации, а также обоснования инвестиций (технико-экономического обоснования);
- управления персоналом, включая вопросы психологии (в том числе информационно-психологической безопасности);
- инженерных изысканий;
- методологии проектирования, включая вопросы RAMS / LCC (Reliability, Availability, Maintainability, Safety – надежность, готовность, ремонтпригодность, безопасность / Life Cycle Cost – стоимость жизненного цикла);
- организации строительства;

- менеджмента бизнеса, включая вопросы менеджмента качества и безопасности.

Особое внимание следует обратить на специфичные для МЛТС вопросы, связанные с системами тяги, левитации, боковой стабилизации, электроснабжения, а также с обеспечением комплексной безопасности.

Анализ

Магнитолевитационная транспортная технология представляет собой развитие традиционной технологии «колесо – рельс» на основе использования линейного тягового двигателя и системы магнитной левитации. При этом можно выделить три основных типа этой технологии:

- электромагнитный подвес – «эффект притяжения» (рис. 1а);
- электродинамический подвес – «эффект отталкивания» (рис. 1б);
- подвес на основе постоянных магнитов (рис. 1в).

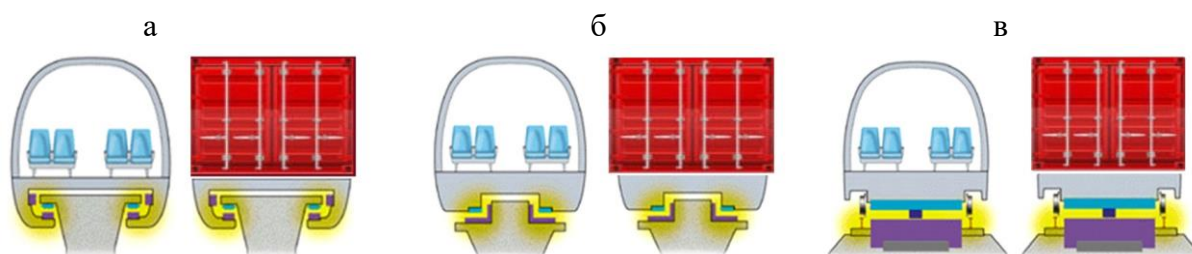


Рис. 1. Основные типы магнитолевитационной транспортной технологии:

- а) электромагнитный подвес;
- б) электродинамический подвес;
- в) подвес на основе постоянных магнитов

Ключевые конкурентные преимущества МЛТС:

- высокая скорость доставки пассажиров и грузов;
- высокая пропускная и провозная способность благодаря высокому уровню автоматизации («транспортный конвейер»);
- независимость от внешних условий (от движения других видов наземного транспорта, погоды);
- высокая способность адаптации к рельефу местности, в том числе урбанизированной (в отличие от железнодорожного транспорта);
- низкое энергопотребление при использовании постоянных магнитов (вследствие отсутствия вращающихся частей и передаточных механизмов);
- постоянное совершенствование технологий и снижение стоимости строительства;
- высокие экологические показатели (малый уровень шума, вибраций и пылеобразования, совместимость с городской застройкой), отсутствие барьерного эффекта, присущего железным и автомобильным дорогам.

Сегодня в мире эксплуатируется несколько пассажирских МЛТС, сосредоточенных в основном в странах Восточной Азии:

- в Китае (Шанхае, Чанше, Пекине),
- в Японии (Нагоя, Яманаси),
- в Республике Корея (Инчхоне).

МЛТС также есть в Германии, США и в других странах, испытания МЛТС проводились и в СССР.

Разные типы МЛТС имеют свои преимущества и ограничения (см. таблицу), что свидетельствует о необходимости развития оптимальной технологии.

Наряду с выбором (разработкой) технологий левитации и боковой стабилизации (см. таблицу), важным вопросом является выбор (разработка) линейных тяговых двигателей для МЛТС на основе согласованного формирования четырех моделей:

- электромагнитной;
- тепловой;
- механической;
- стоимостной.

Анализ современных подходов к проектированию линейных тяговых двигателей [1, 2] показывает, что обоснование их ключевых показателей (тяги, массы, энергопотребления и стоимости) по сути представляет собой задачу комплексной оптимизации этих показателей на множестве технических характеристик (рис. 2).

В России практика выработки проектных решений в области линейных двигателей направлена в основном на прямые расчеты их тяговых характеристик с последующей доводкой двигателей на стендах или опытных полигонах. Широко применяющийся метод конечных элементов полезен для расчетов магнитного потока в любой точке и на этой основе – для расчета тяговых показателей двигателя (решения прямой задачи оценки эффективности двигателя). Однако этот метод очень трудоемок и не обеспечивает эффективного решения обратной задачи (т. е. многократного повторения прямой задачи в циклах оптимизации).

Основные преимущества и ограничения разных типов МЛТС

Тип МЛТС	Преимущества	Ограничения
Электромагнитный подвес	1) Недорогой материал для путепровода (сталь); 2) использование апробированных методов управления и компонентов, доступных на рынке; высокая степень проработки технологии	1) Большие потери в обмотке возбуждения; 2) нелинейные эффекты и вихревые токи; 3) малый зазор (как правило, не превышает 20 мм) и как следствие – повышенные требования (но не выше требований для железнодорожного транспорта) к точному соблюдению параметров изготовления и монтажа компонентов путепровода и подвижного состава (в том числе с учетом неблагоприятных погодных условий)
Электродинамический подвес (на основе сверхпроводящих магнитов)	1) Низкие потери в обмотке возбуждения позволяют применить большие токи и добиться высокой напряженности магнитного поля; 2) большой зазор делает подвижной состав менее чувствительным к неровностям пути	1) Большой расход жидкого азота (гелия) для системы охлаждения; 2) низкое собственное демпфирование (гашение колебаний); 3) высокая начальная скорость левитации (порядка 100 км/ч): на скоростях ниже критической требуется дополнительная подвеска; 4) дополнительное оснащение для криостатов (рефрижераторов)
Подвес на основе постоянных магнитов	1) При больших объемах производства стоимость постоянных магнитов уже не превышает стоимости стали; 2) простая конфигурация и низкие расходы на техническое обслуживание	1) Статика полей отталкивания / притяжения требует дополнительной боковой стабилизации; 2) снижение напряженности магнитного поля при нагревании магнитов (например, при повышении температуры окружающей среды); 3) результатом снижения напряженности магнитного поля является уменьшение левитационного зазора и необходимость его обеспечения за счет дополнительных мер
Комбинированный подвес	Возможны разные варианты исполнения с использованием электромагнитов и постоянных магнитов, разных типов линейных тяговых двигателей (синхронного, асинхронного и т. д.)	

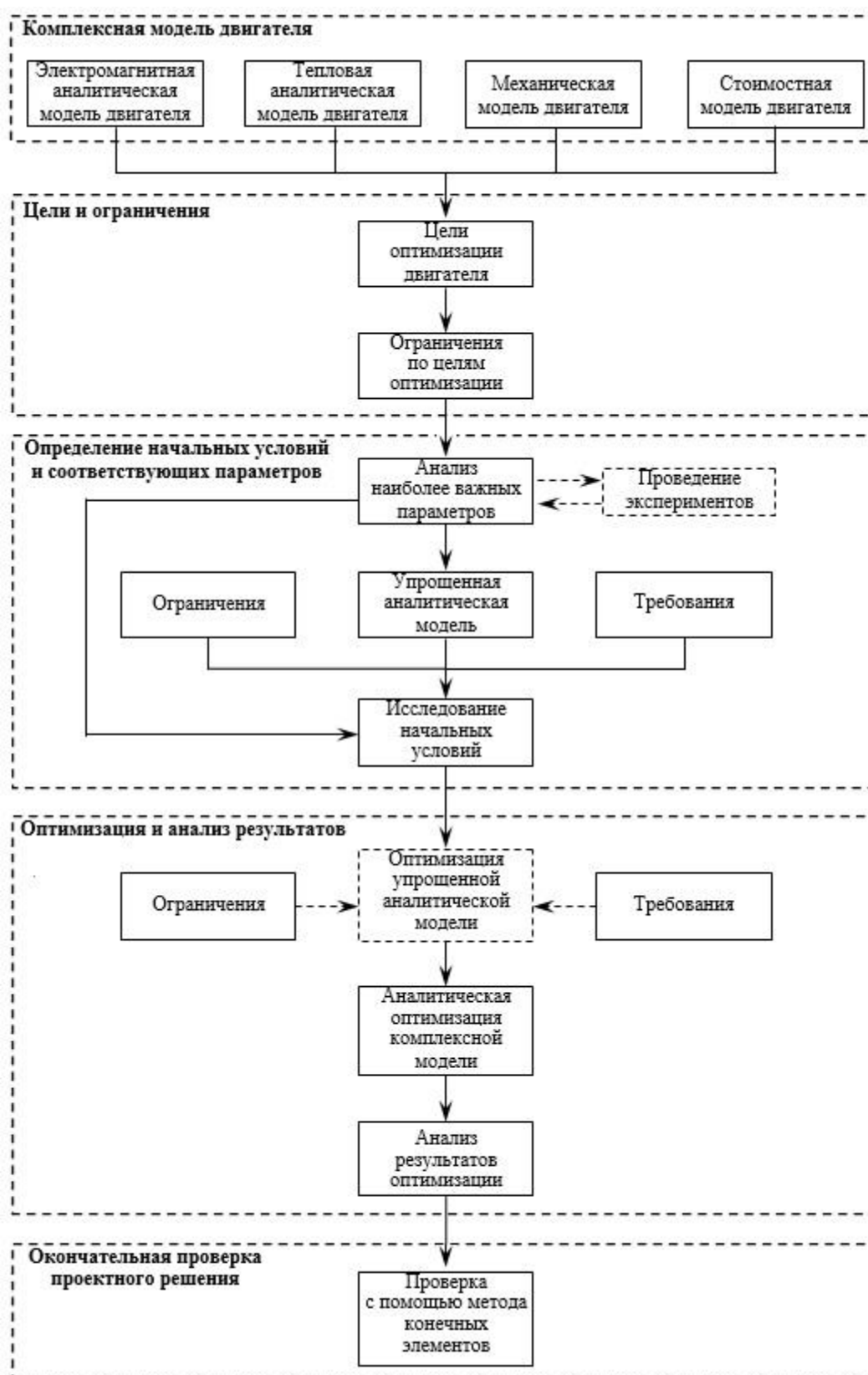


Рис. 2. Схема процесса оптимизации линейного тягового двигателя [2]

Альтернативой методу конечных элементов является моделирование магнитных потоков в линейном тяговом двигателе (в том числе для постоянных магнитов) интерполяциями между простыми частными случаями (например, при магнитном потоке линейного проводника с током). Получающиеся при этом простые аналитические выражения можно эффективно использовать для решения как прямых, так и обратных задач оценки эффективности линейных тяговых двигателей.

В целом процесс проектирования линейного тягового двигателя должен включать следующие этапы:

1) определение требований к параметрам двигателя и целей проектирования;

2) определение возможных проектных решений, которыми реализуются требования к двигателям: например, возможно применение m технологий тяги (синхронных двигателей, длинного или короткого статора, постоянных магнитов и т. д.);

3) первый выбор, основанный на ограничениях применения, в результате которого количество возможных проектных решений уменьшается до n ($n < m$);

4) разработка моделей двигателя в соответствии с целями проекта, при этом модели двигателя должны включать:

- механическую модель для описания динамики двигателя;
- тепловую модель для описания теплопередачи в двигателе;
- электромагнитную модель для определения электрических и магнитных величин и сил (притяжения и отталкивания);
- стоимостную модель для определения стоимости двигателя на всех этапах его жизненного цикла;

5) проектирование n вариантов двигателя, подтверждение исходных данных и ограничений, при необходимости – изменение ограничений;

6) исследование чувствительности параметров двигателя для всех условий применения и всех n вариантов, выбор оптимальных параметров для каждого варианта;

7) сравнение всех n вариантов;

8) окончательный выбор двигателя с использованием ключевых показателей;

9) прием проекта двигателя на основе изготовленного прототипа или на основе модели, использующей метод конечных элементов;

10) документирование конечного варианта.

Проектные решения выбора линейных тяговых двигателей должны быть Парето-оптимальными по следующим парам критериев:

- тяга – энергопотребление;
- тяга – масса активной путевой структуры;
- тяга – масса подвижной части двигателя;

- тяга – стоимость.

Также важно обеспечение комплексной безопасности МЛТС. Единой основой для составных частей системы обеспечения комплексной безопасности [3] являются системы менеджмента, основанные на международном стандарте ISO 9001 [4]. Применительно к kolejному транспорту они представлены:

- системой ERA SMS (Safety management system of European railway agency – Система менеджмента безопасности Европейского железнодорожного агентства) для безопасности движения [5, 6];

- системой MODSafe (Modular urban transport safety and security analysis – анализ безопасности движения и транспортной безопасности для модульного пригородного транспорта) для транспортной безопасности (в комплексе с безопасностью движения) [7], а также системой на основе международного стандарта ISO 28001 [8] для безопасности цепи поставок;

- системами на основе международных стандартов OHSAS 18001 [9] и ISO 14001 [10] для охраны труда и природы, соответственно.

На практике эти системы менеджмента наполняются в соответствии с этапами жизненного цикла систем kolejного транспорта, изложенными в стандартах EN 50126 (IEC 62278 [11]), EN 50128 (IEC 62279 [12]) и EN 50129 (IEC 62425 [13]), а также в стандарте IEC 60300-3-3 [14]. При этом ключевое значение с точки зрения безопасности имеет этап анализа риска [15], по результатам которого определяют угрозы в области безопасности движения, транспортной безопасности (защите от актов незаконного вмешательства), охраны труда и охраны природы, оценивают связанный с ними риск и при необходимости снижения этого риска устанавливают дополнительные функции обеспечения безопасности (рис. 3). Применительно к транспортной безопасности на этом этапе определяют меры упреждающего (профилактику), своевременного (оперативное действие) и чрезвычайного (минимизацию ущерба) реагирования на акты незаконного вмешательства в соответствии с выбранной моделью действий потенциального нарушителя.

Мерой риска, учитывающей как случайные, так и систематические опасные события (отказы, сбои, нарушения), являются уровни полноты (гарантированности) безопасности (Safety Integrity Levels, SILs), каждый из которых предусматривает комплекс мер, необходимых для снижения риска до приемлемого уровня.



Рис. 3. Три подхода к оцениванию риска для МЛТС

Как было сказано выше, при подготовке специалистов и разработке нормативной базы проектирования МЛТС особое внимание следует обратить на специфичные для магнитолевитационных транспортных технологий вопросы. Методологической основой подготовки специалистов и разработки нормативной базы должен стать системный подход, необходимость применения которого определяется значительным разнообразием и сложностью физических процессов МЛТС и, соответственно, высокой вариабельностью и сложностью инженерных решений, которые требуются для согласованного управления этими процессами. Иначе говоря, сложность системы управления процессами создания МЛТС должна быть не ниже сложности самой МЛТС.

Сложность системного подхода определяется составляющими предметной области, к которой он должен быть применен:

- необходимостью анализа комбинаций технологий тяги, левитации, боковой стабилизации, электроснабжения;
- спецификой динамики трехмерного движения подвижного состава МЛТС: таких явлений, как «рыскание», «килевая качка» и «бортовая качка» подвижной единицы, соответствующих мер стабилизации и демпфирования;

- сложностью состава функций МЛТС и их иерархии – необходима разработка функциональной и структурной моделей МЛТС;
- математическим аппаратом анализа физических процессов МЛТС;
- аппаратом математического моделирования процессов МЛТС;
- аппаратом натурного моделирования процессов МЛТС;
- базовым производством компонентов МЛТС;
- базовым строительным производством объектов инфраструктуры МЛТС;
- средой эксплуатации МЛТС;
- анализом риска, связанного с МЛТС;
- организационной структурой проектирования, строительства и эксплуатации МЛТС;
- объективной потребностью общества в МЛТС;
- субъективным восприятием обществом МЛТС;
- международным уровнем развития МЛТС.

Сегодня готовить специалистов для МЛТС целесообразно на основе программ переподготовки и повышения квалификации инженерных кадров, имеющих базовое железнодорожное образование (рис. 4).

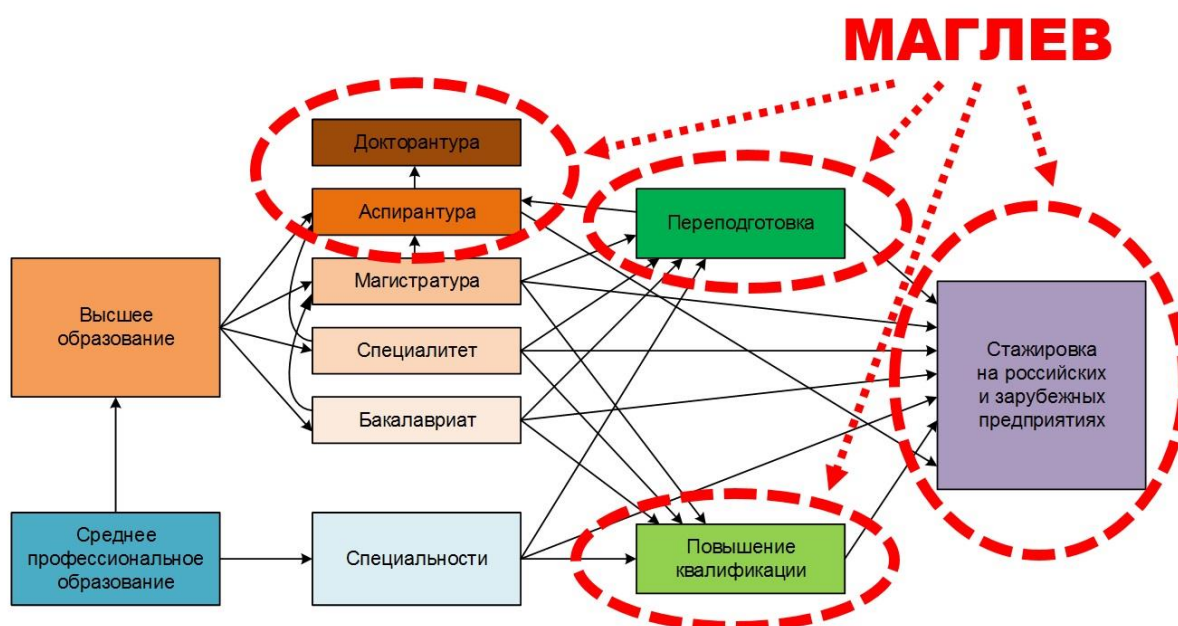


Рис. 4. Возможности подготовки специалистов для МЛТС

Всеми необходимыми компетенциями для разработки и реализации подобных программ обладает Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. Сотрудники Университета на протяжении многих лет развивают

магнитолевитационные транспортные технологии в России на основе как собственных исследований, так и отечественного и мирового опыта. В специально созданной лаборатории проводятся лабораторные (рис. 5а) и натурные (рис. 5б) исследования, разрабатываются проекты нормативных технических документов для будущих МЛТС.

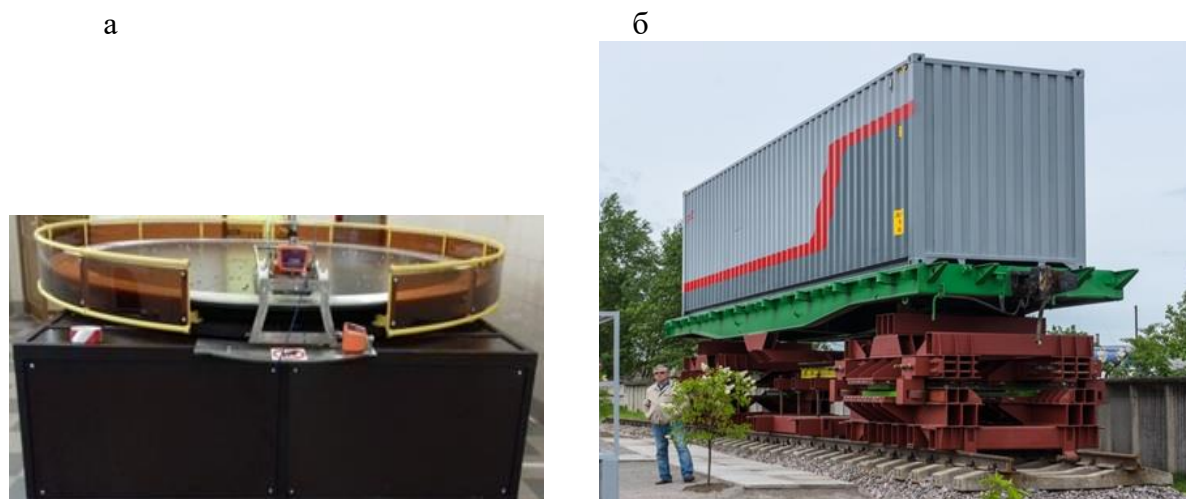


Рис. 5. Лабораторный стенд (а) и опытный образец (б) для исследований магнитолевитационных транспортных технологий

Проектная и рабочая документация на проектирование и строительство МЛТС на территории России должна разрабатываться в соответствии с законодательством в данной области, в частности, с постановлением правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и с другими нормативными правовыми и техническими документами.

Отдельные подсистемы и компоненты МЛТС подпадают под действие принятых технических регламентов Таможенного союза и Российской Федерации (в первую очередь, «О безопасности зданий и сооружений», а также «О безопасности машин и оборудования», «О безопасности низковольтного оборудования», «Электромагнитная совместимость технических средств» и др.) и поддерживающих их стандартов и сводов правил (например, для магнитолевитационного подвижного состава можно использовать предварительный национальный стандарт ПНСТ 24-2014 «Инновационный железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и допуска к эксплуатации»).

Также российское законодательство предусматривает применение специальных технических условий (СТУ), которые представляют собой «технические требования в области безопасности объекта капитального строительства, содержащие (применительно к конкретному объекту капитального строительства) дополнительные к установленным или

отсутствующим техническим требованиям в области безопасности, отражающим особенности инженерных изысканий, проектирования, строительства, демонтажа (сноса) объекта капитального строительства, а также содержащим отступления от установленных требований» (в соответствии с п. 10 ст. 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ, «объект капитального строительства – здание, строение, сооружение, объекты, строительство которых не завершено <...>, за исключением временных построек, киосков, навесов и других подобных построек»). СТУ являются основанием для подготовки технического задания на проектирование и разработку проектной документации (разрабатываемой специализированной проектной организацией или консорциумом проектных организаций). Согласование СТУ в настоящее время проводит Минстрой России, конкретно – специально созданный нормативно-технический совет Минстроя России с привлечением группы экспертов, рекомендации которого оформляются в виде соответствующего экспертного заключения (заключений). Вопросы разработки и согласования СТУ определяют следующие документы:

- приказ Минстроя России от 15 апреля 2016 г. № 248/пр «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства»;

- «Методические рекомендации “Порядок построения и оформления специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства”» (утверждены решением нормативно-технического совета Минрегиона России, протокол от 1 февраля 2011 г. № 1).

Таким образом, в отношении МЛТС, которая планируется к проектированию, строительству и эксплуатации на конкретном участке, должны быть разработаны СТУ.

СТУ должны содержать перечень вынужденных отступлений от требований действующих нормативных документов, обоснование отступления от этих требований, а также компенсирующие мероприятия. Практика показывает, что такие обоснования принятых в СТУ норм, включая методики, можно оформить в виде приложений к СТУ или вынести в пояснительную записку к СТУ. В СТУ не допускается дублирование норм из действующих в России документов, такие нормы должны оформляться соответствующими ссылками. В связи с этим при разработке СТУ на МЛТС должен появиться перечень нормативно-технических документов России и Таможенного союза Евразийского экономического союза), применимых (полностью или в какой-либо части) для проектирования, строительства или эксплуатации такой системы. В то же время в состав СТУ могут быть

включены отдельные положения, содержащиеся в нормативных документах других стран при условии их соответствия российскому законодательству.

Выводы

Специалистов для МЛТС сегодня целесообразно готовить на базе программ переподготовки и повышения квалификации инженерных кадров, имеющих базовое железнодорожное образование. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I обладает необходимыми компетенциями для разработки и реализации таких программ.

Что касается развития отечественной нормативной базы проектирования МЛТС, то авторы данной статьи разработали комплект проектов СТУ для проектирования МЛТС, предполагающий их доработку под конкретный участок пассажирской или грузовой линии:

- СТУ-1 – Общие требования по проектированию;
- СТУ-2 – Путь;
- СТУ-3 – Основания для пути, искусственные сооружения, примыкания и пересечения;
- СТУ-4 – Терминалы, промежуточные станции, служебно-технические здания и сооружения;
- СТУ-5 – Система тяги и электроснабжения;
- СТУ-6 – Система управления движением;
- СТУ-7 – Система электросвязи и оповещения;
- СТУ-8 – Подвижной состав;
- СТУ-9 – Система комплексной безопасности.

Параллельно с разработкой СТУ создается проект технического регламента о безопасности магнитолевитационного транспорта и формируется перечень поддерживающих его документов по стандартизации. Такой перечень должен появиться в результате определения:

- действующих документов, применение которых возможно без их актуализации;
- действующих документов, которые можно применить после их актуализации или переработки;
- документов, которые необходимо разработать.

Кроме того, авторы подготовили к изданию структурированный англо-русский и русско-английский толковый словарь по магнитолевитационному транспорту, содержащий термины, определения и требования в области проектирования, строительства и эксплуатации МЛТС и отражающий лучший мировой и отечественный опыт в данной

области. Словарь может стать основой для подготовки первого в своем роде учебного пособия по магнитолевитационному транспорту.

Библиографический список

References

1. Boldea I. Linear Electric Machines, Drivers, and Maglev's Handbook. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. – 654 p.
2. Chevailler S. Comparative study and selection criteria of linear motors. – These № 3569, École Polytechnique Federale de Lausanne, 2006. – 239 p.
3. Шматченко В.В., Плеханов П.А. Современная нормативная база обеспечения безопасности магнитолевитационного транспорта // Транспортные системы и технологии. – 2015. – № 2 (2). – С. 127–142. URL: <http://www.transssyst.ru/files/10-shmatchenko-v-v-pdf.pdf> (дата обращения 22.02.2018).
4. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements.
5. <http://www.era.europa.eu/tools/sms/Pages/SMS.aspx> (дата обращения 22.02.2018).
6. Павлов Л.Н., Зайцева Т.Н., Целищева О.Л., Майоров В.Г. Обеспечение безопасности движения: европейский опыт // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 7. – С. 74–77.
7. <http://www.modsafe.eu> (дата обращения 22.02.2018).
8. ISO 28001:2007 Security management systems for the supply chain – Best practices for implementing supply chain security, assessments and plans – Requirements and guidance.
9. OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems. Requirements.
10. SO 14001:2015 Environmental
1. Boldea I. Linear Electric Machines, Drivers, and Maglev's Handbook. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. 654 p.
2. Chevailler S. Comparative study and selection criteria of linear motors. – These № 3569, École Polytechnique Federale de Lausanne, 2006. 239 p.
3. Shmatchenko VV, Plekhanov PA. *Transportnye sistemy i tekhnologii*. 2015;2(2):127–142. Available from: <http://www.transssyst.ru/files/10-shmatchenko-v-v-pdf.pdf> (cited 2018 Feb 22). (In Russ.)
4. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements
5. <http://www.era.europa.eu/tools/sms/Pages/SMS.aspx> (cited 2018 Feb 22).
6. Pavlov LN, Zaitseva TN, Tselicheva OL, Maiorov VG. *Zheleznodorozhnyi transport*. 2007;7:74–77. (In Russ.)
7. <http://www.modsafe.eu> (cited 2018 Feb 22).
8. ISO 28001:2007 Security management systems for the supply chain – Best practices for implementing supply chain security, assessments and plans – Requirements and guidance.
9. OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems. Requirements.
10. ISO 14001:2015 Environmental

management systems – Requirements with guidance for use.

11. IEC 62278(2002) Railway applications. Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).

12. IEC 62279(2015) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems.

13. IEC 60300-3-3(2017) Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing.

14. IEC 62425(2007) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.

15. Braband J. A proposal for common safety methods for risk assessment in European Railways // Railway Gazette “SIGNAL + DRAHT”. – 2007. – № 4 (99). – P. 34–37.

management systems – Requirements with guidance for use.

11. IEC 62278(2002) Railway applications. Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).

12. IEC 62279(2015) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems.

13. IEC 62425(2007) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.

14. IEC 62425(2007) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.

15. Braband J. *Railway Gazette* “SIGNAL + DRAHT”. 2007;4(99):34–37.

Сведения об авторах:

Шматченко Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 5152-2090; ORCID 0000-0001-6963-7286;
E-mail: railwayradio@gmail.com

Плеханов Павел Андреевич, кандидат технических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 1532-9427; ORCID 0000-0002-2546-259X;
E-mail: pavelplekhanov@gmail.com

Роенков Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 7312-5208; ORCID 0000-0003-2160-0921;
E-mail: roenkov_dmitry@mail.ru

Иванов Виктор Геннадьевич,
ORCID 0000-0002-8078-3628;
E-mail: ivanov.v.g.spb@gmail.com

Information about the authors:

Vladimir V. Shmatchenko, Candidate of Engineering Science,
eLibrary SPIN: 5152-2090; ORCID 0000-0001-6963-7286;
E-mail: railwayradio@gmail.com

Pavel A. Plekhanov, Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 1532-9427; ORCID 0000-0002-2546-259X;
E-mail: pavelplekhanov@gmail.com

Dmitry N. Roenkov, Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 7312-5208; ORCID 0000-0003-2160-0921;
E-mail: roenkov_dmitry@mail.ru

Victor G. Ivanov,
ORCID 0000-0002-8078-3628;
E-mail: ivanov.v.g.spb@gmail.com

Цитировать:

Шматченко В.В., Плеханов П.А., Роенков Д.Н., Иванов В.Г. Подготовка специалистов и разработка нормативной базы проектирования магнитолевитационных транспортных систем в России // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 138-154. DOI: 10.17816/transsyst2018041138-154.

To cite this article:

Shmatchenko VV, Plekhanov PA, Roenkov DN, Ivanov VG. Training of Specialists and Development of Design Regulatory Framework for Russian Magnetic Levitation Transport Systems. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):138-154. DOI: 10.17816/transsyst2018041138-154.