

Рубрика 3. ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Направление – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

DOI 10.17816/transsyst20239375-94

© И. Ключспис¹, Р. Кирхер¹, М. Витт¹, С. Хенель¹, Л. Блоу²

¹Международный совет по магнитной левитации

(Мюнхен, Германия)

²MaglevTransport, Inc.

(Вашингтон, Соединенные Штаты Америки)

СРЕДНЕСКОРОСТНЫЕ МАГЛЕВ-СИСТЕМЫ: ПОДХОДЯЩИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Среднескоростные транспортные системы маглев считаются прорывной инновацией. Это усложняет потенциальный доступ на транспортный рынок, на котором доминируют обычные, традиционные транспортные системы. Могут ли системы маглев конкурировать с ними?

Цель: Этот опрос, предназначенный специально для специалистов в области транспорта, анализирует текущее (2023 г.) восприятие систем маглев для пассажирских и грузовых перевозок. Подходят ли среднескоростные системы маглев для будущего транспорта с точки зрения экспертов транспорта?

Методы: Международный веб-опрос пятисот специалистов в транспортном секторе. Основное внимание уделяется применению и пригодности. Это не техническое сравнение систем.

Результаты: Среднескоростные маглев-системы считаются конкурентоспособными, а в некоторых случаях и превосходящими существующие транспортные системы в том же диапазоне скоростей. Однако большинство международных экспертов считают, что системы маглев пригодны в основном для специфических областей применения, таких как пассажирские перевозки между аэропортами и центрами городов, или в качестве грузовой транспортной системы для решения специальных логистических задач.

Заключение: С экспертной точки зрения, инновационное внедрение маглев-систем в четко определенных областях применения кажется разумной и перспективной.

Ключевые слова: маглев, инновация, прорывные технологии, пригодность, сравнение, массовые перевозки, груз, исследование.

Rubric 3. TRANSPORT SYSTEMS

Field – Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport

© Joh. Kluehspies¹, R. Kircher¹, M. Witt¹, S. Haenel¹, L. Blow²

¹The International Maglev Board

(Munich, Germany)

²MaglevTransport, Inc.

(Washington, United States of America)

ON THE SUITABILITY OF MEDIUM SPEED MAGLEV TRANSPORT SYSTEMS: AN ANALYSIS OF PERCEPTIONS IN THE TRANSPORTATION SECTOR

Medium speed maglev transport systems are considered a disruptive innovation. This complicates potential access to the transport market, which is dominated by conventional, traditional transport systems. Can maglev systems compete with them?

Aim: Aimed specifically at transport professionals, the survey analyses current [2023] perceptions of maglev systems for passenger and freight transport. Are medium speed maglev systems suitable for the future of transport from the perspective of transport experts?

Methods: International web survey of five hundred professionals in the transport sector. The focus is on application and suitability. It is not a technical comparison of systems.

Results: Medium-speed maglev systems are considered to be competitive, and in some cases superior, to established transport systems in the same speed range. However, most international experts see the suitability of maglev systems primarily for specific applications, such as passenger transport between airports and city centers, or as a freight transport system for special logistics tasks.

Conclusion: An innovation of maglev systems in well-defined applications seems reasonable and promising from an expert's point of view.

Key words: *maglev, innovation, disruption, suitability, comparison, mass transit, cargo, survey.*

I. ВВЕДЕНИЕ

Низко- или среднескоростные системы на магнитной тяге – это технически продвинутые транспортные системы, использующие технологию магнитной левитации для подъема, тяги и направления поездов или транспортных средств по направляющим без физического контакта с колесами. Среднескоростные системы маглев могут быть построены как наземные или подземные либо путем модернизации существующей инфраструктуры, либо путем строительства новых линий. Несколько стран исследовали и разработали технологию маглев, а некоторые города уже внедрили системы маглев в небольших масштабах [1]. Однако, несмотря на то, что системы маглев уже используются в различных транспортных проектах, включая некоторые городские, их широкое применение в городах и регионах все еще ограничено.

В настоящее время (2023) шесть стран считаются мировыми лидерами в области инноваций среднескоростного маглева:

- Бразилия (Система Кобра);
- Германия (Система TSB компании Max Bögl);
- КНР (Системы в нескольких городах);
- Россия (несколько систем находятся в стадии разработки);
- Южная Корея (Система городского маглев – Rotem Ecobee Urban Maglev System);
- Япония (Система Linimo, Нагоя).

Системами, имеющими наибольший опыт эксплуатации (по состоянию на 2023 год), являются японская система Linimo в Нагое и южнокорейская Rotem Escobee в аэропорту Инчхон в Южной Корее [2]. Однако с учетом масштабных инвестиций КНР в технологии маглев [3] и включения их в качестве национальных флагманских проектов в пятилетние планы развития страны, ситуация с исследованиями меняется и, вероятно, будет все больше определяться потребностями Китая.

В Бразилии исследования среднескоростного маглев ведутся на университетском уровне уже несколько десятилетий [4, 5]. В Российской Федерации ученые занимаются разработкой маглев-систем на университетском уровне уже несколько десятилетий. В настоящее время обсуждаются системы, основанные на линейных двигателях и технологии магнитной левитации, поскольку потенциально они могут обеспечить более высокое качество перевозок при более низких эксплуатационных расходах, чем традиционные колесно-рельсовые системы [6, 7]. Московский монорельс представляет собой испытательный участок пути для использования новой технологии [8, 9] в повседневной эксплуатации. В последнее время в российской прессе [2023] в общих чертах упоминается несколько текущих проектов по использованию маглев для пассажирских и промышленных перевозок, без указания подробностей.

В области грузовых перевозок аналогичные соображения высказываются в отношении городских маглев-систем как в России [10], так и в Украине [11]. В США за последние десятилетия также было проведено несколько промышленных исследовательских проектов [12], направленных, главным образом, на улучшение контейнерных перевозок в портах.

В целом, научная дискуссия также принципиально связана с вопросом о том, какую из различных технологий маглев следует использовать [13–16]; помимо привода на линейном двигателе, особенно важным является вопрос об использовании сверхпроводящих материалов или постоянных магнитов [17].

Внедрение среднескоростных систем маглев в существующую транспортную инфраструктуру зависит от таких факторов, как стоимость, осуществимость, государственная поддержка, общественное признание и специфические транспортные потребности города или региона, особенно в сравнении с традиционными системами общественного транспорта [18].

Можно предположить, что среднескоростные маглев-системы будут коммерчески выгодны для оператора только в том случае, если они предлагают значительные эксплуатационные преимущества по сравнению с существующими традиционными системами. Это означает, что потенциальные маглев-системы будут конкурировать с пригородными поездами, региональными поездами, метрополитенами, трамваями и автобусами.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель данного исследования – определить мнение транспортной отрасли о конкурентоспособности среднескоростных маглев-систем по сравнению с уже существующими системами общественного транспорта. Для такого сравнительного анализа наиболее подходящими транспортными системами являются пригородные поезда, региональные поезда, метро, трамваи и автобусы. Эти транспортные системы сравниваются и ранжируются по соответствующим критериям. С точки зрения эксплуатации, к ним относятся потребление энергии, выбросы твердых частиц и уровень шума. Цель опроса – выяснить мнение представителей транспортного сектора. В нем не делается попытка представить общее репрезентативное мнение населения. Вместо этого, соответствующими целевыми группами для ответа на вопрос исследования являются эксперты и люди, обладающие проверенными знаниями в области транспорта.

Поэтому основными вопросами исследования являются: "Каковы значимые области применения систем магнитной левитации по сравнению с существующими транспортными системами? В какой степени среднескоростные системы в принципе пригодны и выгодны?"

Целью данного исследования не является обсуждение различных технических концепций систем маглев. Не является целью и сравнение технических характеристик различных типов систем маглев. Цель не затрагивает тип левитационной или двигательной системы, а также использования технологии сверхпроводимости или постоянных магнитов. Напротив, в исследовании рассматриваются и оцениваются фундаментальные характеристики системы, связанные с технологиями маглев, в сравнении с существующими системами пассажирского и грузового колесно-рельсового транспорта и с автомобильными перевозками. В исследовании также уделено внимание исключительно транспортным системам для низких или средних скоростей – т.е. не на высокоскоростных системах, таких как Transrapid, Chuo Shinkansen, TGV, Сапсан, CHSR и т.д. При анализе высокоскоростного сегмента следует обратиться к другим исследованиям на эту тему [19–21, 22], поскольку необходимо учитывать иные критерии и контекст, чем те, что учитываются для городских или региональных проектов.

II. МЕТОДОЛОГИЯ

В качестве методологии в данном исследовании выбран опрос через Интернет. Для того чтобы охватить целевые группы, имеющие отношение к ответу на вопрос исследования (эксперты и люди с проверенными знаниями в транспортном секторе), необходим доступ к подходящей базе

данных адресов электронной почты. Некоммерческая ассоциация «Международный совет по магнитной левитации» (IMB) предоставляет такой доступ исключительно для научных целей. Контакт был установлен через ежеквартальный информационный бюллетень IMB, который рассылается более чем тринадцати тысячам подписчиков.

Сам опрос проводился с помощью онлайн-инструмента LimeSurvey через сервер Технического университета Деггендорфа (THD). Онлайн-анкета была доступна на английском и немецком языках [23].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Анонимный веб-опрос посетили сотни заинтересованных людей. Как и ожидалось и предполагалось, многие отказались от участия в опросе, когда с самого начала стало ясно, что это опрос, предназначенный специально для профессионалов в области транспорта. Однако, по неизвестным причинам, 364 человека пролистали весь опрос, не приняв в нем активного участия. В общей сложности 273 человека нашли время, чтобы ответить на все интересующие их вопросы.

Большинство респондентов – мужчины. Представлены все возрастные группы от 18 до 100 лет, причем наибольшее число участников приходится на возрастную группу 41–70 лет.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ЦЕЛОМ

В опросе по среднескоростным системам маглев задается вопрос о подходящих областях применения. На выбор предлагается несколько вариантов применения для местных пассажирских перевозок и грузовых перевозок. Вопрос звучал следующим образом: «Где Вы видите подходящие области применения среднескоростных маглев-систем?».

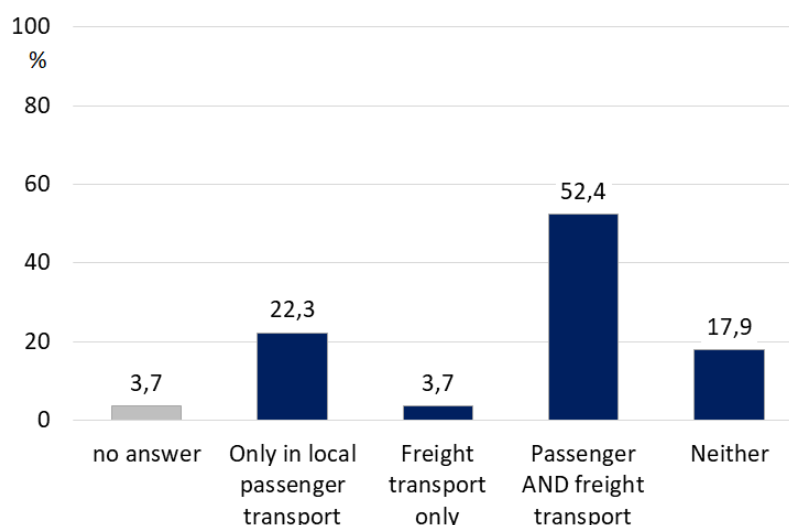


Рис. 1. Общие области применения, подходящие для среднескоростных маглев-систем (n = 273)

На этот вопрос ответили 273 респондента. Анализ показывает, что большинство респондентов (52,4 %) считают, что среднескоростные системы маглев подходят как для пассажирских, так и для грузовых перевозок. Использование исключительно для городских пассажирских перевозок выбрали 22,3 % респондентов. Непригодность – т.е. ни для пассажирских, ни для грузовых перевозок – видят 17,9 % респондентов. Всего 3,7 % не ответили на этот вопрос.

ПРИМЕНЕНИЕ В ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Участников, считающих использование среднескоростных маглев-систем подходящим для общественного транспорта, затем попросили подробнее рассказать о конкретных случаях использования. Вопрос звучал следующим образом: «Для каких областей применения подходит пассажирская среднескоростная система маглев?».

Можно было дать несколько ответов, и на выбор предлагалось четыре варианта применения:

1. Трансфер между терминалами аэропорта;
2. Связь между городом и аэропортом;
3. Региональный транспорт;
4. Городской транспорт.

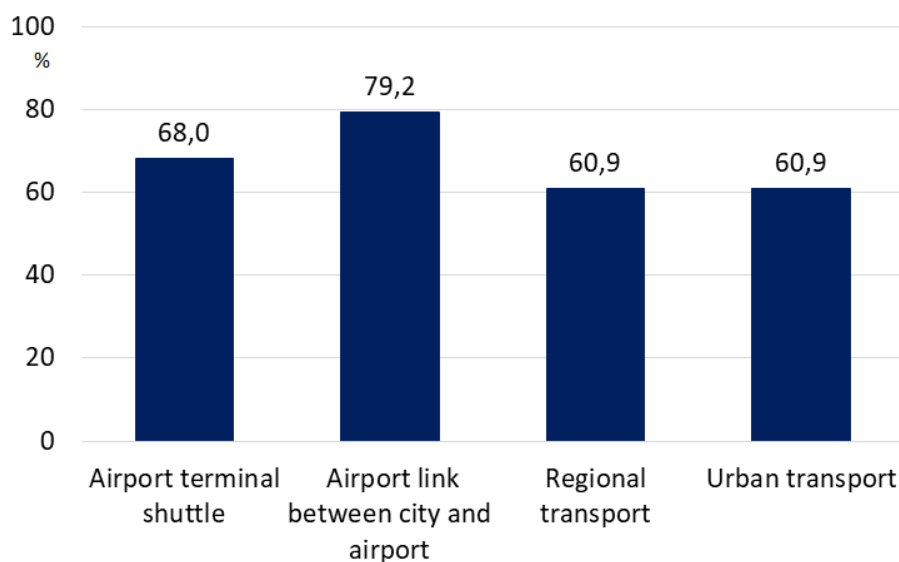


Рис. 2. Подходящие области применения в пассажирском транспорте (n = 197)

На этот вопрос ответили 197 респондентов. По мнению респондентов, наиболее важным вариантом использования среднескоростных маглев-систем является связь между городом и его аэропортом (79,2 %). Трансфер от терминала к терминалу внутри аэропорта также рассматривается 68 % из 197 респондентов. 60,9 %

участников считают, что среднескоростные системы маглев были бы полезны для региональных перевозок, и 60,9 % участников также проголосовали за применение в качестве городской транспортной системы (в пределах городов).

ПРИМЕНЕНИЕ В ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Участников попросили определить полезные области применения среднескоростного маглева в грузовых перевозках. Вопрос звучал следующим образом: «Для каких случаев грузовых перевозок подходят среднескоростные системы маглев». Было предложено четыре варианта ответа (множественный выбор):

1. Контейнерные перевозки в транспортных узлах;
2. Контейнерные перевозки между региональными логистическими центрами;
3. «Питатель» для интермодальных перевозок (погрузка на автодорогу / железнодорожный транспорт);
4. нет значимого применения.

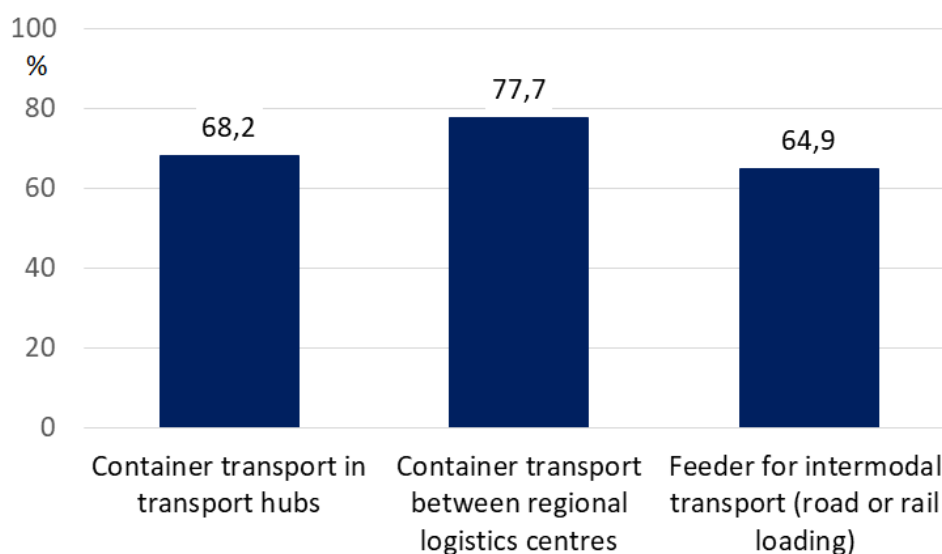


Рис. 3. Подходящие случаи перевозки грузов
(n = 148), несколько ответов

На этот вопрос ответили 148 респондентов. 68,2 % считают подходящими контейнерные перевозки в транспортных узлах. 77,7 % видят потенциал для контейнерных перевозок маглев между региональными логистическими центрами. 64,9 % видят возможность выполнения функции прямого поставщика для комбинированных перевозок (грузовых автомобилей). 2 % не ответили на вопрос.

СРАВНЕНИЕ МАГЛЕВ С ТРАДИЦИОННЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ

Как респонденты оценивают среднескоростные маглев-системы по сравнению с существующими традиционными транспортными системами? Для всех рассмотренных транспортных систем участников попросили проранжировать их по восьми критериям. Ранжирование переведено в систему баллов для пяти систем: за самый высокий ранг начисляется 5 баллов, за самый низкий – один балл. Ранги между ними оцениваются в четыре, три и два балла, соответственно.

Таблица 1. Критерии и стандарты оценки

Критерий	Ранг 1 для ...	Ранг 5 для ...
1. Влияние на городской облик	сильнейший	наименьший
2. Шумовые выбросы	наименьший	самый высокий
3. Плавность хода	самый высокий	наименее
4. Провозная способность	самый высокий	наименее
5. Потребность в энергии	наименее	самый высокий
6. Выбросы твердых частиц	наименее	самый высокий
7. Инвестиционные затраты	наименее	самый высокий
8. Эксплуатационные расходы	наименее	самый высокий

Баллы, выставленные респондентами, суммировались для каждой системы. Сравнимые пять транспортных систем были следующими:

- среднескоростные маглев-системы;
- метро;
- региональные поезда;
- трамваи;
- автобусы.

Оценки представлены в Табл. 1.

1. Влияние на городской облик

Цель состояла в том, чтобы собрать мнения о влиянии транспортной инфраструктуры различных систем на городской облик. Вопрос звучал следующим образом: «Как бы Вы оценили следующие виды транспорта с точки зрения общего воздействия их инфраструктуры (например, направляющих, станций, туннелей) на городской облик?». Эта инфраструктура включает, например, направляющие, станции и туннели. На этот вопрос ответили 248 участников.

Результат: по мнению участников, с точки зрения критерия воздействия на городской облик, среднескоростные системы маглев сравнимы с пригородными поездами/региональными железнодорожными системами. В то же время, по мнению участников, надземные управляемые среднескоростные системы маглев оказывают большее влияние на городской облик, чем инфраструктура автобусов, трамваев или метрополитенов.

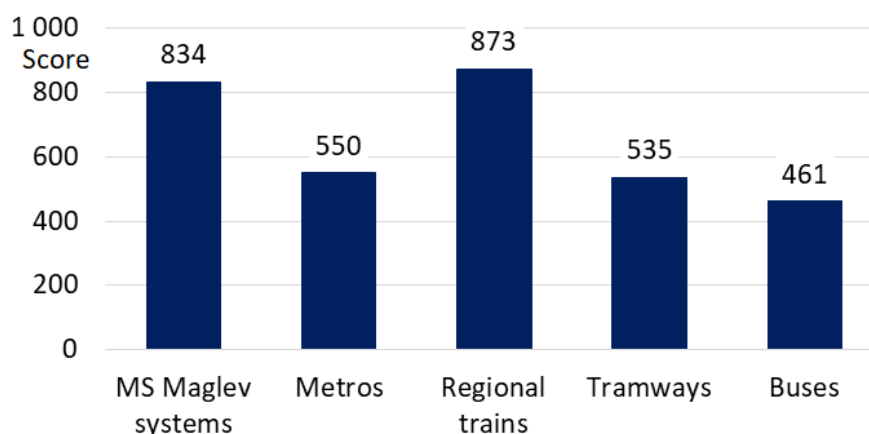


Рис. 4. Влияние на городской облик
(n = 248)

Чем выше балл, тем сильнее воздействие. Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1240 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

2. Шумовые выбросы

Работа транспортных систем создает шумовые выбросы. Эти выбросы являются одним из нежелательных негативных эффектов транспорта. Как правило, важно, чтобы выбросы были как можно ниже.

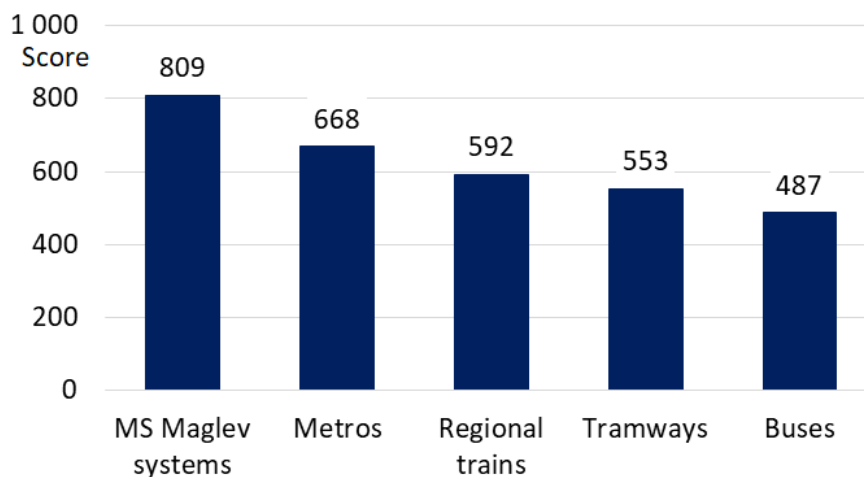


Рис. 5. Шумовые выбросы (n = 238)

Чем выше балл, тем более благоприятными (= более тихими) считаются шумовые выбросы. Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1190 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

Для сравнения систем был задан вопрос: «Как Вы оцениваете следующие транспортные системы по уровню шумовых выбросов во время работы?». Всего 238 человек ответили на вопрос о ранжировании транспортных систем по уровню шума.

Результат: по сравнению с другими транспортными системами, участники считают, что среднескоростные магнитолевитационные системы имеют явные преимущества с точки зрения уровня шума.

3. Плавность хода при эксплуатации

С точки зрения пассажира плавность хода обычно понимается как комфорт поездки с точки зрения вибрации и шума в салоне. Оба аспекта воспринимаются тем позитивнее, чем ниже их уровень. Таким образом, высокий балл указывает на высокий уровень плавности хода, т.е. низкий уровень шума в салоне и низкий уровень вибрации во время движения.

Вопрос звучал следующим образом: «Как Вы оцениваете следующие транспортные системы с точки зрения плавности хода (= вибрации и шум в салоне) во время эксплуатации?».

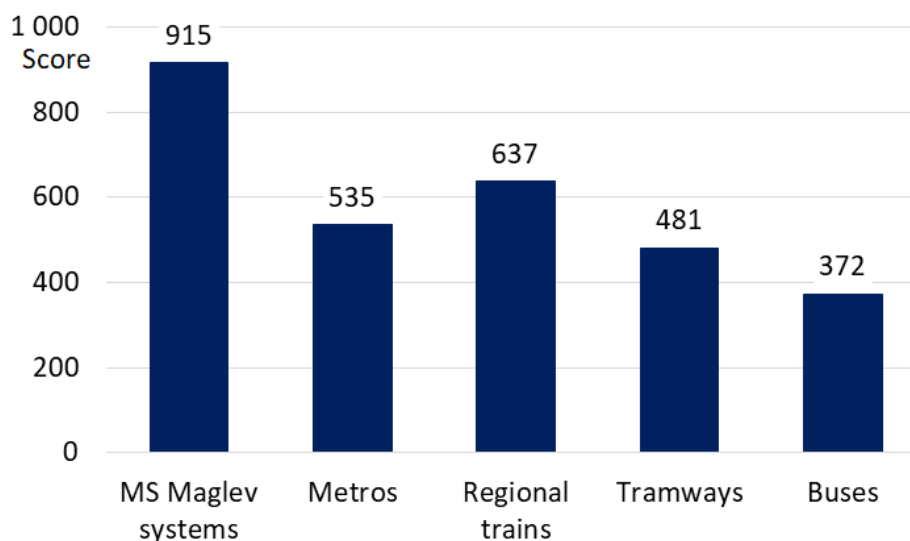


Рис. 6. Плавность хода (n = 225)

Чем выше балл, тем более благоприятней считается система (= тише и с меньшей вибрацией). Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1125 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

Результат: по сравнению с другими транспортными системами, по мнению участников, среднескоростные магнитолевитационные системы имеют явные преимущества в плане плавности хода.

4. Провозная способность

Провозная способность транспорта играет важную роль в эффективности и экономичности транспортных систем. В целом, чем выше провозная способность транспорта, тем он выгоднее.

Вопрос: «Как бы Вы оценили следующие виды транспорта с точки зрения их пассажирской провозной способности?».

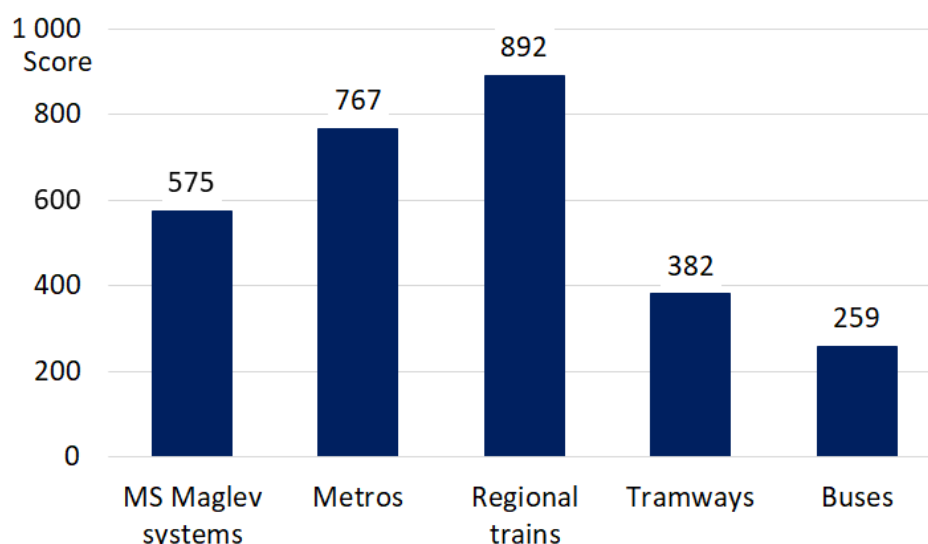


Рис. 7. Провозная способность (n = 220)

Чем выше балл, тем больше ожидаемая провозная способность. Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1100 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

Результат: по сравнению с метрополитеном и пригородными/региональными железнодорожными системами, участники не видят никаких преимуществ у среднескоростных маглев-систем с точки зрения провозной способности. Они оценили их выше, чем автобусы или трамваи, но ниже, чем устоявшиеся традиционные колесные рельсовые системы, такие как метро или региональные поезда.

5. Потребности в энергии

Потребности транспортных систем в энергии играют значительную роль в их эксплуатационной экономике. Вопрос звучал следующим образом: «Как Вы оцениваете следующие виды транспорта с точки зрения энергопотребления на одного человека в процессе эксплуатации?».

Результат: по сравнению с другими транспортными системами, среднескоростные магнитолевитационные системы имеют незначительные преимущества с точки зрения энергопотребления (потребности в энергии на человека/км в эксплуатации).

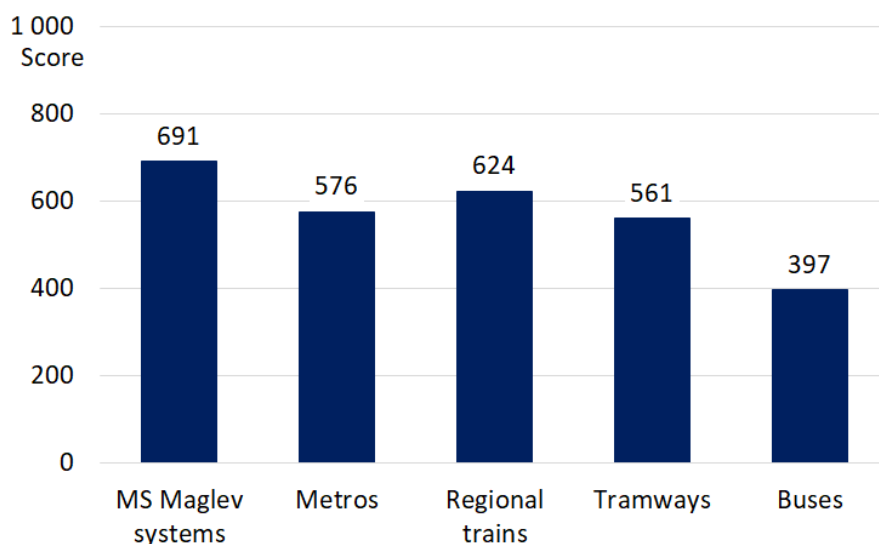


Рис. 8. Потребность в энергии (n = 218)

Чем выше балл, тем благоприятнее (т.е. ниже) ожидаемая потребность в энергии. Максимально возможное количество баллов для каждой транспортной системы = 1090 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

6. Выбросы твердых частиц

Выбросы твердых частиц играют все более важную роль при оценке воздействия транспортных систем на окружающую среду. В частности, металлические частицы или очень мелкие частицы (например, асбест) представляют риск для здоровья человека [12]. Загрязнение твердыми частицами в настоящее время считается проблемой, которая долгое время недооценивалась с точки зрения ее важности для работы транспортных систем. С точки зрения важности необходимости измерения и минимизации загрязнения твердыми частицами некоторые страны Восточной Азии в настоящее время (2023) могут считаться лидерами, например, Южная Корея (здесь особенно выделяется город Сеул с его системами метро) [12].

Ожидается, что по мере того, как научное сообщество и общественность будут все лучше понимать проблемы загрязнения окружающей среды, все большее внимание будет уделяться загрязнению твердыми частицами и его последствиям.

Вопрос касался этой проблемы следующим образом: «Как Вы оцениваете следующие транспортные системы с точки зрения выбросов твердых частиц при эксплуатации?».

Результат: по сравнению со всеми другими рассмотренными транспортными системами, среднескоростной маглев имеет значительные

преимущества с точки зрения участников в отношении критерия выброса твердых частиц.

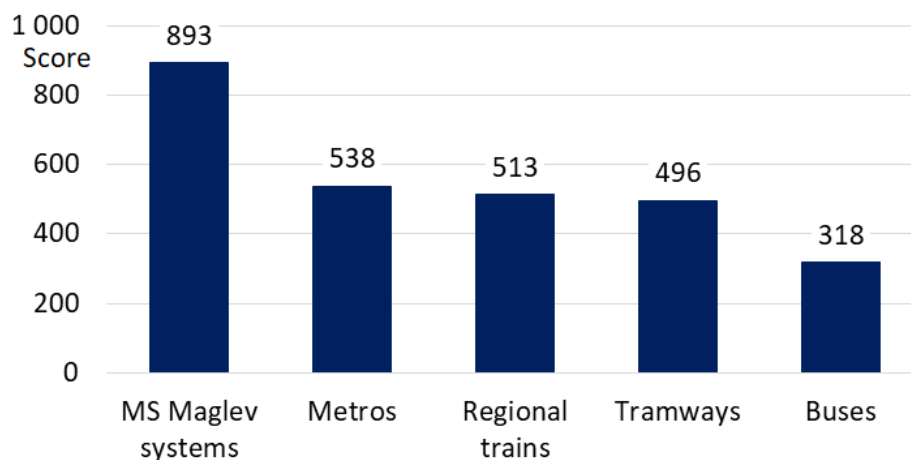


Рис. 9. Выбросы твердых частиц (n = 211)

Чем выше балл, тем благоприятнее (т.е. ожидается, что будет выброшено меньше твердых частиц). Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1055 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

7. Инвестиционные затраты

Участников спрашивали об ожидаемых инвестиционных затратах (на инфраструктуру, оборудование и транспортные средства) для рассматриваемых транспортных систем.

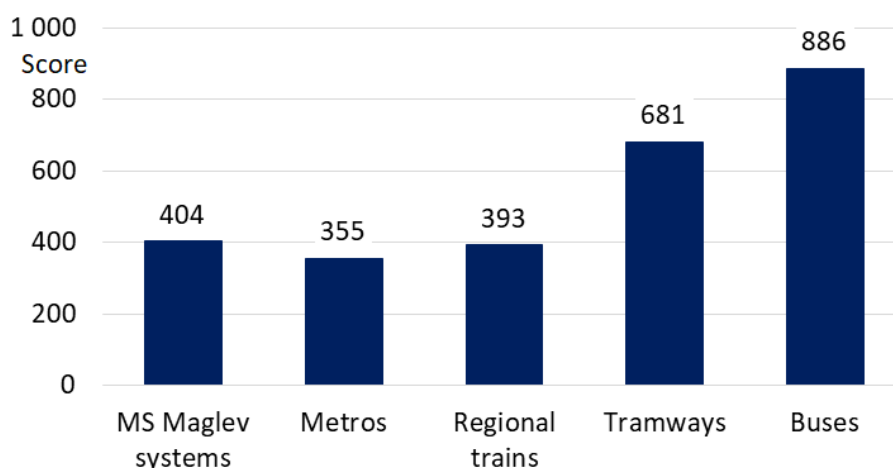


Рис. 10. Инвестиционные расходы (n = 208)

Чем выше балл, тем благоприятнее (= ниже) ожидаемые расходы. Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1040 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

Вопрос: «Как бы Вы оценили следующие транспортные системы с точки зрения инвестиций (стоимости) в их создание (инфраструктура и транспортные средства)?». Всего на этот вопрос было получено 208 оценок.

Результат: по сравнению с трамваями и автобусами участники не видят никаких преимуществ для среднескоростных маглев-систем с точки зрения инвестиционных затрат. По сравнению с региональными поездами и метрополитенами преимущества незначительны.

8. Эксплуатационные расходы

Стоимость эксплуатации транспортных систем является ключевым фактором, определяющим потенциальную экологичность и экономическую жизнеспособность транспортных систем. Во многих случаях долгосрочный экономический баланс системы общественного транспорта более важен для принятия решений об инновациях, чем краткосрочные инвестиционные затраты.

Вопрос звучал следующим образом: «Как бы Вы оценили следующие транспортные системы с точки зрения их эксплуатационных расходов?»

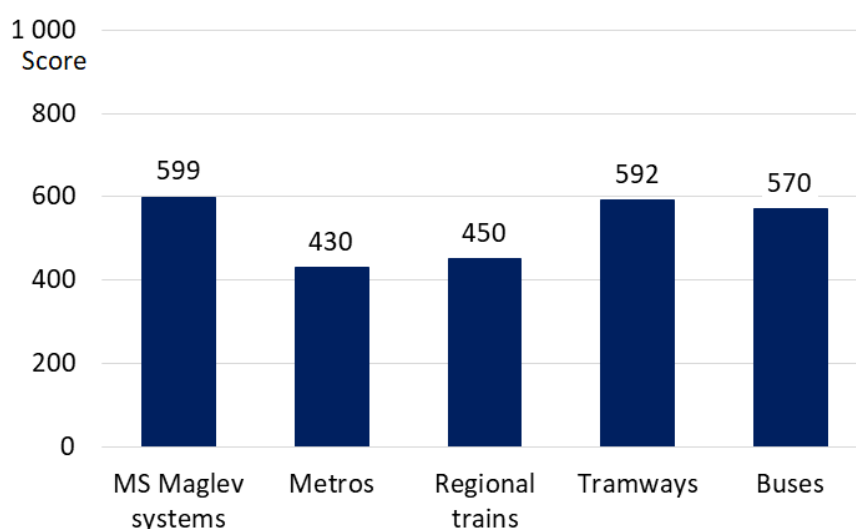


Рис. 11. Эксплуатационные затраты (n = 202)

Чем выше балл, тем выгоднее (=ниже) ожидаемые эксплуатационные затраты. Максимально возможный балл для каждой транспортной системы = 1010 (MS Maglev = Medium Speed Maglev).

Результаты: по сравнению с другими транспортными системами, участники считают, что среднескоростные маглев-системы имеют явные преимущества с точки зрения эксплуатационных затрат. Это особенно справедливо для систем метро и пригородных/региональных железных дорог.

IV. ИТОГИ

Цель исследования – определить мнение транспортной отрасли о конкурентоспособности среднескоростных магнитолевитационных систем по сравнению с уже существующими городскими транспортными системами. Соответствующими транспортными системами для сравнительного анализа являются: пригородные поезда, региональные поезда, метро, трамваи и автобусы. Опрос был адресован экспертам, работающим в области транспорта. Он проводился через Интернет и был разослан на английском и немецком языках более чем 13 000 подписчикам рассылки [23].

54 % респондентов считают, что среднескоростные магнитолевитационные системы подходят как для пассажирских, так и для грузовых (контейнерных) перевозок. 23 % считают, что они подходят только для пассажирских перевозок. 4 % считают их пригодными только для грузовых перевозок. С другой стороны, почти пятая часть всех респондентов (19 %) считает, что ни пассажирские, ни грузовые перевозки не являются целесообразным применением. Важным применением, по мнению респондентов, является применение в качестве связующего звена между городом и аэропортом (79,2 % согласны). 68 % считают подходящим использование в качестве шаттла между терминалами в аэропортах. 60,9 % респондентов считают подходящим применение в городских или региональных перевозках.

С точки зрения участников и по сравнению с другими видами городского и регионального транспорта, среднескоростные поезда маглев, как считается, имеют преимущества перед существующими системами во многих из рассмотренных аспектов.

V. СВЕДЕНИЕ ОЦЕНОК

При ранжировании и сведении всех ответов участников по степени их согласия с утверждением получается следующая общая картина без дифференциации по возрасту или стране происхождения (Табл. 2).

По мнению респондентов, среднескоростные системы маглев имеют высокий потенциал по сравнению с существующими видами транспорта, за исключением критериев инвестиционных затрат и провозной способности, для которых достигнуты лишь средние сравнительные значения.

Следует отметить, что оценки респондентов, представленные на Рис. 11, являются средними статистическими данными и не отражают порой сильно расходящихся мнений по некоторым критериям.

Таблица 2. Среднескоростные системы маглев в сравнении с обычными системами общественного транспорта

	MS Маглев	Метро	Региональ ный поезд	Трамвай	Автобус
Влияние на городской облик					
Шумовые выбросы	1	2	3	4	5
Плавность хода	1	3	2	4	5
Провозная способность	3	2	1	4	5
Потребность в энергии	1	3	2	4	5
Выбросы твердых частиц	1	2	3	4	5
Инвестиционные затраты	3	5	4	2	1
Эксплуатационные затраты	1	5	4	2	3

Результаты на основе ранжирования респондентов:

1 = лучший, 5 = худший (MS Маглев = Medium Speed Maglev)

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данного исследования было оценить потенциал применения технологии среднескоростного маглева с помощью интернет-опроса представителей транспортной отрасли. Основное внимание уделялось не высокоскоростным системам, а среднескоростным городским и региональным системам. В этих областях применения целью было сравнение систем маглев с существующими системами общественного транспорта на основе различных критериев.

Полученные результаты свидетельствуют о явных преимуществах среднескоростных маглев-систем с точки зрения экологичности и комфорта. Ожидается, что эксплуатационные расходы будут самыми низкими для систем маглев по сравнению со всеми другими рассмотренными системами. С другой стороны, по провозной способности и инвестиционным затратам системы маглев находятся лишь в середине диапазона.

В целом, респонденты считают, что среднескоростные маглев-системы будут иметь хорошие показатели по сравнению с уже существующими системами колесно-рельсового транспорта и автобусами. Многие респонденты считают их (к 2022 г.) особенно подходящими для специфических областей применения, например, в качестве связующих звеньев между аэропортами и городами и шаттлов в пассажирских

перевозках или в качестве систем транспортировки грузов (контейнеров) в специализированных логистических целях.

Поскольку в данном исследовании основное внимание уделяется оценке экспертов в области транспорта, представляется необходимым для последующей общей оценки систем маглев учесть также мнения потенциальных потребителей, т.е. ежедневных пользователей транспортных систем. Эти оценки потребителей могут значительно отличаться от мнений экспертов – и в то же время являются важным критерием, поскольку точка зрения потребителя является важным фактором, определяющим готовность использовать различные транспортные системы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование было полностью профинансировано Международным советом по магнитной левитации и Техническим университетом Деггендорфа, Германия. Полная версия исследования доступна в виде документа с открытым доступом [20].

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

Библиографический список/References

1. Fritz E, Witt M, Klühspies J, et al. Weltweite Magnetbahnentwicklungen und deren Einsatzchancen. *Der Eisenbahningenieur*. Band 11 (Teil 1) und 12 (Teil 2), 2021. [cited 2023 May 12] Available from: https://www.researchgate.net/publication/356192129_Weltweite_Magnetbahnentwicklungen_und_deren_Einsatzchancen_-_Teil_1
2. Hekler M, Klühspies J. Disruptive technologies transforming urban mobility? The role of the ecobee urban maglev system in the Seoul traffic vision 2030, South Korea. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(3s1):115-123. doi: 10.17816/transsyst201843s1115-123
3. Lin G, Sheng X. Application and further development of Maglev transportation in China. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(3s1):36-43. doi: 10.17816/transsyst201843s136-43
4. Stephan R, Pereira A. The Vital Contribution of MagLev Vehicles for the Mobility in Smart Cities. *Electronics*. 2020;9:978. doi: 10.3390/electronics9060978
5. Stephan R, Costa F, Rodriguez E, Deng Z. Retrospective and perspectives of the superconducting magnetic levitation (SML) technology applied to urban transportation. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(3s1):195-202. doi: 10.17816/transsyst201843s1195-202
6. Fedorova M. Tariff Policy Offers on the Line of Magnetic Levitation Transport. *Transportation Systems and Technology*. 2021;7(1):139-157. doi: 10.17816/transsyst202171139-157

7. Smirnov S, Smirnova O. Prospects of maglev transport in the unified integrated transport system of the Eurasian Economic Union. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2023;9(2):110-120. doi: 10.17816/transsyst202392110-120
8. Фиронов А.Н., Костенко А.С. Динамическая модель Московской монорельсовой транспортной системы с применением магнитолевитационной технологии // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 1. – С. 67–85. [Fironov AN, Kostenko AS. Dynamic model of the Moscow monorail transport system using magnetolevitation technology. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(1):67-85. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst20228167-85
9. Галенко А.А., Горелов А.Т., Коновалов В.В., Фиронов А.Н. Городской монорельс и модернизация Московской монорельсовой транспортной системы на основе магнитной левитации и линейного электропривода. Транспортные стратегии XXI век. – 2021. – № 46. – С. 9–18. [Galenko AA, Gorelov AT, Konovalov VV, Fironov AN. Gorodskoy monorels I modernizacia Moskovskoy monorelsovoy transportnoy systemy. *Transportnye strategii XXI vek*. 2021;(46):9-18. (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.sovstrat.ru/journals/transportnaya-strategiya-21-vek/numbers/nom-trans-46-2021.html> Ссылка активна на: 29.09.2023.
10. Smirnov S, Smirnova O. Economic features of freight maglev transport. *Transportation systems and technology*. 2017;3(1):108-118. doi: 10.17816/transsyst201731108-118
11. Lavrych Y, Plaksin S, Porogila L. Conceptual fundamentals of freight magnetolevitation transport system construction. 2022:78-93. [cited 2023 May 22] Available from: https://www.researchgate.net/publication/369798255_CONCEPTUAL_FUNDAMENTALS_OF_FREIGHT_MAGNETOLEVITATION_TRANSPORT_SYSTEM_CONSTRUCTION
12. Gurol S, Baldi B. *Overview of the General Atomics Urban Maglev Technology Development Program*. 2004:187-191. doi: 10.1109/RRCON.2004.1300918
13. Franca T, Shi H, Deng Z, Stephan R. Overview of Electrodynamic Levitation Technique Applied to Maglev Vehicles. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. doi: 10.1109/TASC.2021.3089104
14. Lanzara G, D'Ovidio G, Li H, et al. Magnetic levitation systems assessment from transport engineering point of view: background and future prospects. *Ingegneria Ferroviaria*. 2021:557-593. [cited 2023 May 12] Available from: https://www.researchgate.net/publication/353945752_MAGNETIC_LEVITATION_SYSTEMS_ASSESSMENT_FROM_TRANSPORT_ENGINEERING_POINT_OF_VIEW_BACKGROUND_AND_FUTURE_PROSPECTS
15. Amaral W, Brandão G, Castanon J. *Maglev Technology Review for Improving Urban Mobility*. doi: 10.1007/978-3-319-94706-8_30
16. Сундуков Е.Ю., Шифрин Б.М., Сундукова В.Е. Построение многоканальных магнитолевитационных систем // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 3. – С. 120–130. [Sundukov EY, Shifrin BM, Sundukova VE. Construction of multichannel magnetolevitation systems. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2021;7(3):120-130 (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst202173120-130
17. Stephan R, Deng Z. Past, present and future of Superconducting Magnetic Levitation (SML). *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2023;9(1):5-19. doi: 10.17816/transsyst2023915-19
18. Zaitsev A, Klühspies J, Kircher R, et al. Maglev 2018. Abstracts of the 24th International Conference. St. Petersburg, Russian Federation. [cited 2023 Sep 20] Available from: <http://mtstpgups.ru/pictures/mtst18-maglev2018/Theses-correction-30072018.pdf>

19. Klühspies J. *Zukunftsaspekte europäischer Mobilität: Perspektiven und Grenzen einer Innovation von Magnetschnellbahntechnologien*. Habilitationsschrift, 2008. [cited 2023 May 12] Available from: https://www.researchgate.net/publication/284160042_Zukunftsaspekte_europaischer_Mobilitat_Perspektiven_und_Grenzen_einer_Innovation_von_Magnetschnellbahntechnologien
20. Wenk M, Klühspies J, Blow L, et al. Maglev: Science Experiment or the Future of Transport? Practical Investigation of Future Perspectives and limitations of Maglev Technologies. *The International Maglev Board*. Research Series Vol. 1, 2018. [cited 2023 May 12] Available from: https://www.researchgate.net/publication/327651814_Maglev_Science_Experiment_or_the_Future_of_Transport_Practical_Investigation_of_Future_Perspectives_and_Limitations_of_Maglev_Technologies_in_Comparison_with_Steel-Wheel-Rail
21. Fritz E, Klühspies J, Kircher R, et al. Feinstaubemissionen bei Hochgeschwindigkeitszügen und Magnetschnellbahnen. *The International Maglev Board*. Research Series Vol. 5, 2021. [cited 2023 May 12] Available from: https://www.researchgate.net/publication/343794805_Particulate_matter_in_high-speed_rail_and_maglev_systems_Tonkaa_pyl_v_vysokoskorostnyh_relsovyh_sistemah_i_maglev_Feinstaubemissionen_bei_Hochgeschwindigkeitszugen_und_Magnetschnellbahnen
22. Якунин В.И. Транспортные революции и новая скорость жизни. 44 с. [Yakunin VI. *Transport revolution and new speed of life*. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 29.09.2023. Доступно по: file:///D:/Downloads/Prepress_Yakunin_Transportrevolution_2022.pdf https://www.researchgate.net/publication/366617833_Transport_revolution_and_new_speed_of_life
23. Klühspies J, Kircher R, Hänel S, et al. Maglev Systems for Urban and Regional Transport? An International Survey in the Transport Sector. *The International Maglev Board Research*. Series Vol. 7, 2023. [cited 2023 Aug 30] Available from: https://www.researchgate.net/publication/372647163_Maglev_Systems_for_Urban_and_Regional_Transport

Информация об авторах:

Йоханнес Оливер Ключспис, доктор наук, полный профессор;
ORCID: 0000-0001-6089-9853; Scopus ID: 57200284530; ResearcherId: L-2665-2015;
E-mail: jok@maglevboard.net

Роланд Кирхер, доктор технических наук;
ORCID: 0000-0002-8807-8915;
E-mail: rk@maglevboard.net

Михаэль Витт, инженер;
E-mail: mikewitt@maglevboard.net

Симон Хэнель, географ;
E-mail: haenel@kcw-online.de

Лоуренс Е. Блоу, аэрокосмический инженер;
E-mail: larry@maglevtransport.com

Information about the authors:

Johannes Oliver Kluehspies, Dr. habil., Dr. h.c., Full Professor;
ORCID: 0000-0001-6089-9853; Scopus ID: 57200284530; ResearcherId: L-2665-2015;
E-mail: jok@maglevboard.net

Roland Kircher, Doctor of Technical Sciences;

ORCID: 0000-0002-8807-8915;

E-mail: rk@maglevboard.net

Michael Witt, Engineer;

E-mail: mikewitt@maglevboard.net

Simon Haenel, Geographer;

E-mail: haenel@kcw-online.de

Laurence E. Blow, aerospace engineer;

E-mail: larry@maglevtransport.com

Цитировать:

Клюшпис Й., Киршер Р., Витт М., и др. Среднескоростные маглев-системы: подходящие области применения с точки зрения транспортной отрасли // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2023. – Т. 9. – № 3. – С. 75–94. doi: 10.17816/transsyst20239375-94

To cite this article:

Klühspies J, Kircher R, Witt M, et al. On the suitability of medium speed maglev transport systems: an analysis of perceptions in the transportation sector. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2023;9(3):75-94. doi: 10.17816/transsyst20239375-94