

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Актуальные проблемы транспорта в XXI веке

Труды II Международной научно-практической конференции

Новокузнецк, 2023

УДК 656(06)

А 437

Редакционная коллегия:

к.э.н., доцент, Т.Н. Борисова, к.т.н., доцент, О.В. Князькина
к.т.н., доцент, И.Ю. Кольчурина, к.э.н., доцент, О.П. Черникова

А 437 Актуальные проблемы транспорта в XXI веке: труды
II Международной научно-практической конференции /
Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации, Сибирский государственный индустриальный
университет; под ред. О.В. Князькиной. – Новокузнецк: Издательский центр
СибГИУ, 2023. – 371 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам: управление эффективностью систем и процессов транспорта; организация и управление перевозками на транспорте (по отраслям); теория и практика совершенствования производственных систем; экономика производственных и транспортных систем.

Предназначено для специалистов в сфере транспорта, управления производственными системами, экономики организации и может быть использовано научно-техническими работниками, аспирантами и студентами старших курсов.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

Дирекция по транспорту и логистике АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;
МБУ «Дирекция ДКХиБ» Новокузнецкого городского округа;
Проектный офис по развитию общественного транспорта г. Новокузнецка.

УДК 656(06)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

Влияние ремонтных работ на пропускную способность улично-дорожной сети <i>Машкин Д. Ю., Данченко И. А.</i>	164
Особенности организации перевозки опасных грузов в Российской Федерации <i>Демидов В. Р.</i>	167
Системы регулирования, направленные на обеспечение безопасности на железнодорожном транспорте <i>Дернова К.К., Князькина О.В.</i>	172
Развитие монорельсового транспорта в ведущих странах мира <i>Казанцева Л. О., Николаева Л.Ю.</i>	179
Актуальность вопросов перераспределения технических мощностей Восточного полигона железных дорог <i>Каимов Е.В., Оленцевич В.А., Максимова Р.В.</i>	185
Теоретические основы повышения эффективности управления городским пассажирским транспортом <i>Карпов И.Ф., Бакулева М.А.</i>	189
Актуальные проблемы развития сети железнодорожного транспорта <i>Лымарь К.А., Сафронова Д.Д.</i>	193
Устройство и принцип работы тормозных башмаков <i>Михайлов Д.Д.</i>	197
Устройство и принцип работы весоповерочных вагонов <i>Михайлов Д.Д.</i>	201
Устройство и принцип работы вагонов транспортеров <i>Насибулина Д.М.</i>	205
Электрокары и их влияние на экологию <i>Овсянников Н.Р., Князькина О.В.</i>	208
Регулирование яркости светодиодных стоп-сигналов современных автомобилей <i>Рябов В.Г., Рябов К.В.</i>	211
Совершенствование организация движения с целью снижения аварийности транспортного узла «Универбыт» <i>Блесков Д.И., Решетов Е.В., Рокачевская Е.В., Рябцев О.В.</i>	216
Особенности обслуживания электромобилей <i>Сутобалов В.В., Рябцев О.В.</i>	229
О перспективах внедрения систем беспроводной зарядки автомобилей в транспортную инфраструктуру РФ <i>Ульрих М.М., Серебрякова А.А.</i>	239
Стратегические направления развития железнодорожного транспорта и повышения безотказности его работы <i>Шпилова Т. А.</i>	242
Hyperloop как инновационная технология <i>Ширинская Е.С., Николаева Л.Ю.</i>	246
СЕКЦИЯ 3 УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ	253
Анализ рынка железнодорожных перевозок в России в 2021 – 2023 гг. <i>Овсянникова Э.Д., Городнова И.А.</i>	255
Анализ бизнес-процесса «Движение общественного транспорта по маршруту» <i>Пономарева К.В., Беспалов М.Р., Швец С.С.</i>	260

Развитие монорельсового транспорта в ведущих странах мира

Казанцева Л. О., Николаева Л. Ю.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация: Изучено развитие монорельсового транспорта. Рассмотрено применение монорельсового транспорта в разных странах мира, как альтернативы или дополнения к уже привычному транспорту. Сделан вывод о том, что монорельсовые системы не противопоставляются другим видам транспорта, а дополняют их, расширяя возможности уже имеющейся транспортной инфраструктуры и применяясь там, где другие виды транспорта использоваться не могут.

Ключевые слова: монорельс, железнодорожный транспорт.

Development of monorail transport in the leading countries of the world

Kazantseva L. O., Nikolaeva L. Yu.

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract: The development of monorail transport has been studied. The application of monorail transport in different countries of the world as an alternative or supplement to the already familiar transport is considered. It is concluded that monorail systems are not opposed to other modes of transport, but complement them, expanding the capabilities of the existing transport infrastructure and being used where other modes of transport cannot be used.

Key words: monorail railway transport.

Классическая технология железных дорог, основанная на принципе взаимодействия колеса и рельса, постепенно приближается к пределам своих технических возможностей, и дальнейший ощутимый прогресс в плане увеличения скорости не прогнозируется. Из-за с резкого ухудшения сцепления колеса с рельсом на высокой скорости, максимальная скорость колесного транспортного средства ограничивается примерно 350 км/ч. Более высокие скорости часто неэкономичны, и пределы определяются в основном затратами ресурсов: известно, что увеличение скорости со 100км/ч до 300 км/ч увеличивает потребление энергии примерно в девять раз. Чтобы снизить этот показатель, необходимо исследовать и внедрять новые технологии. В статье будет рассмотрено применение монорельсового транспорта в разных странах мира, как альтернативы или дополнения к уже привычному транспорту.

Одним из вариантов рельсовых транспортных систем является монорельсовая система, которая была разработана в начале 19 века как средство городского и пригородного транспорта на линиях с большим регулярным пассажиропотоком (Вупперталь, Нью-Йорк, Париж) и распространена на междугородние линии к концу 20 века.

Монорельс – это эстакадный электрический вид транспорта, передвигающийся по единственной ходовой балке. Ходовая балка вместе с

опорами образует эстакаду, поднятую над землей. Она отличается минимальным объемом землеотвода и отсутствием полосы отчуждения. Прокладка трассы возможна в местах, где другой транспорт пройти неспособен, а остановочные пункты монорельса могут быть просты и компактны. Их можно совместить с такими сооружениями инфраструктуры, как станции метро, магазины, гостиницы, стадионы, автовокзалы, аэропорты.

Монорельсовые транспортные средства классифицируются по следующим признакам:

- 1 по компоновке (навесной и подвесной транспорт);
- 2 по конструкции опорно-ходовой части подвижного состава (по колесным, пневматическим, магнитным подвескам или скользящим опорным устройствам);
- 3 по типу двигателя (электрический привод или двигатель внутреннего сгорания, где вращение передается на опорные колеса);
- 4 с воздушно-реактивной тягой;
- 5 с линейной электрической тягой;
- 6 с выдвигной ходовой частью, установленной симметрично или асимметрично на опорных колесах.

Система, где поезд движется без контакта с путем и где электроника заменила механику, находится на более высоком техническом уровне по сравнению с традиционной системой колесо-рельс [1].

Монорельс как транспорт применяется более века. Он широко используется во многих странах, включая Германию, Россию, США, Корею, Австралию, Японию и Китай, и зарекомендовал себя как безаварийный и экологически чистый способ передвижения. Однако его развитию мешали проблемы использования зимой, связанные со слабым сцеплением колёс с обледенелой поверхностью. Электрооборудование и оборудование с компьютерным управлением также требуют особых условий. При создании московской монорельсовой транзитной системы была решена проблема эксплуатации монорельса в недружелюбных для данного вида транспорта климатических условиях, в результате чего Россия смогла обеспечить себе приоритет в этой области.

Создание первых монорельсовых дорог относится к началу XIX века. Первая конно-железная монорельсовая грузовая дорога в России, построенная в 1820 году под Москвой (в деревне Мечково) механиком Эльмановым. В мире, к началу XX века, было внедрено около двадцати основных экспериментальных систем монорельсового транспорта. В их число входят монорельсовые дороги в Тунисе (1883г), чья протяжённость составляет 96 км; в США (1886г) длиной 1,6 км; в Ирландии (1888г) протяжённостью 15,6 км. В 1889 году в Гатчине под Санкт-Петербургом была построена первая электрифицированная монорельсовая дорога по проекту инженера И. В. Романова. Тем не менее, на тот момент монорельс не смог распространиться в России, а в Западной Европе прокладывались

сравнительно малые участки таких дорог. Старейшая из сохранившихся дорог – монорельсовая дорога длиной 15 км, построенная в 1902 году в Вуппертале (Германия). В начале 30-х годов XX века инженер С. С. Вальднер предложил обновлённую систему монорельсового транспорта, по проекту которой в 1935 году на станции Северянин (ныне на территории Москвы) был создан и испытан пробный участок дороги. Позднее некоторые конструктивные решения, впервые применённые в данном проекте, были использованы в системах, построенных за границей в 1950-1965 годах [1]. В 1957-1970 годах в Германии, Франции, США, Канаде, Японии, Италии, Швейцарии было проложено около тридцати монорельсовых дорог (по большей части, для экспериментов и для обслуживания выставок). В 1957 году в Фюллингтоке, Германия, была построена подвесная монорельсовая дорога «Альвег». Во Франции в 1960 году была введена в эксплуатацию подвесная линия «Сафеже» длиной 2 км. В 1964 году была открыта подвесная линия длиной 15 км между Токио и Ханедой, Япония. В 1979 году на международной выставке в Гамбурге инженеры оборудовали систему электромагнитной подвески и линейного электропривода, были продемонстрированы монорельсовые транспортные средства с ними. Теперь разрабатываются на подобной основе проекты для пассажирских перевозок в крупных промышленных центрах государств.

В современных монорельсовых системах совмещаются различные конструктивные решения, не применявшиеся ранее. В производстве вагонов с колёсной подвеской тележки используются вертикальные опорные и горизонтальные стабилизирующие колёса, размещённые внутри или снаружи ходовой направляющей в системах с пневматическим подвешиванием. При ограниченных скоростях движения обычно применяют опоры скольжения. Магнитный подвес также позволяет избежать контакта между рельсом и ходовой частью. Сегодня монорельсовые транспортные средства часто приводятся в движение электродвигателями, которые передают тягу на вертикальные колёса и, при необходимости, на горизонтальные колёса (стабилизаторы). При бесконтактной опоре и стабилизации ходовой части, а также в системах с опорами скольжения эффективнее всего применять либо линейный электропривод, либо воздушно-реактивный двигатель. При этом, ходовую направляющую в виде балки чаще всего располагают на опорных колоннах, установленных с интервалом от 20 до 50 метров. Балки открытого типа имеют направляющие с внешней стороны и охватываются опорными и стабилизирующими элементами ходовой части железнодорожного транспортного средства. Балки закрытого типа, напротив, имеют коробчатое сечение, а направляющие находятся внутри [1].

Грузовой монорельсовый транспорт распространяют на промышленных предприятиях в качестве цехового и межцехового транспорта, а также для межзаводских связей. Грузоподъёмность вагонеток варьируется от половины тонны до двух тонн (иногда 5 тонн), а их скорость

перемещения – 2-4 км/ч. Как показала практика, применение монорельса при транспортировке груза эффективнее всего при циклических режимах работы и при необходимости перемещения на расстояние до полутора километров [1].

Исследования в этой области, начавшиеся в Германии в 1970-х годах, увенчались созданием Трансрапид, уникального поезда, развивающего скорость до 400 км/ч. Бесколесный поезд с линейным приводом и электромагнитной подвеской с воздушным зазором 10 мм. был разработан для использования на высокоскоростной линии Гамбург-Берлин.

В системе Трансрапид применяется принцип линейного электрического двигателя. Он также имеет статор и ротор, но статор развернут и интегрирован в опорную конструкцию, а роль ротора берет на себя подвесной магнит, прикрепленный к поезду.

Система подвески состоит из электромагнитов, симметрично расположенных по обе стороны поезда, которые притягиваются обмотками статора, расположенными на нижней стороне опорных балок монорельса. Притяжение электромагнитов автоматически регулируется электроникой для уравнивания силы тяжести при сохранении заданного воздушного зазора между ними и монорельсом [2].

Направляющая система включает в себя электромагниты с электронным управлением, установленные с обеих сторон поезда, которые взаимодействуют с реактивными шинами, расположенными по всей длине балок монорельса. Эта система с электронным управлением поддерживает средний зазор в 10 мм между магнитами подвески и монорельсом. Расстояние от пола кузова вагона до поверхности пути составляет 150 мм. Такая мера гарантирует, что мелкие предметы или снег на монорельсе не мешают движению поезда в режиме магнитной подвески.

Принцип работы заключается в том, что при подаче трехфазного переменного тока на развернутую обмотку статора с обоих концов, в обмотке статора создается линейно перемещающееся магнитное поле. Это магнитное поле тянет ротор, который, в свою очередь, тянет поезд. Сила тяги и скорость движения регулируются путем изменения амплитуды и частоты напряжения. Поезд также тормозится системой без трения. Переключая направление линейного движения магнитного поля, система переходит из режима двигателя в режим генератора. Состав замедляется, а вырабатываемая при этом энергия возвращается в сеть [2].

Конструктивной особенностью российских монорельсовых транспортных средств является использование бесконтактных электромагнитных тяговых линейных электроприводов, в которых отсутствует привод на ходовые колеса, выполняющих опорную роль. Это позволяет применять монорельс с учётом возможного обледенения балки без пробуксовки, вне зависимости от уклонов пути.

ОАО «Московские монорельсовые дороги» в сотрудничестве с профессиональными организациями и предприятиями военно-промышленного комплекса использовало мировой опыт и применило

передовые отечественные технологии для реализации монорельсового транспорта. Для кузова и отделки вагонов электропоездов разработаны пожаробезопасные композитные конструкционные материалы. В контактной сети использованы нанотехнологии и технологии термопрессования углеродосодержащих цветных сплавов. В пассажирском салоне и кабине водителя установлена система управления автоклапаном [3].

Системе управления придали интеллектуальные свойства, вследствие чего она способна обеспечивать работу всех систем и агрегатов электроподвижного состава во всех режимах движения. Система диспетчерского управления транспортными средствами спроектирована как децентрализованная информационная сеть, которая позволяет управлять движением и обмениваться информацией между центральным диспетчерским пунктом и всеми элементами транспортной цепи в любое время по каналам связи. Кроме того, внедрены резервные каналы связи, основанные на различных физических принципах.

Тяговые линейные электроприводы для отечественных монорельсов разработаны компанией «Темп» – российской профессиональной организацией с многолетним опытом разработки средств передвижения на магнитном подвесе. Использование линейных асинхронных двигателей без редукторов, понижающих передачи смазочных устройств и инновационных технологий позволило создать бесшумный привод, работающий при напряжении 600 В – стандарте для городского транспорта. Компания «Квант» разработала преобразователь для управления двигателем, не имеющий аналогов по весу, размерам и электрическим характеристикам [3].

Монорельсы представляются перспективным средством передвижения с очень широким спектром применения, учитывая их способность передвигаться со скоростью 500 км/ч на воздушной подушке и осуществлять связь на кратчайшем расстоянии. Но, несмотря на кажущуюся простоту производства, монорельсы сложны в строительстве и трудоемки. Поэтому высокая капитальная нагрузка на строительство и высокая стоимость обслуживания ограничивают возможность их применения. Тем не менее велись и ведутся исследования с целью сделать монорельсовый транспорт более привлекательным и неприхотливым для эксплуатации на всём земном шаре, в особенности с экономической точки зрения [4].

Как очередной пример, несмотря на высокую стоимость создания, ещё в 2002 году в Шанхае (Китай) были проведены испытания первой коммерческой трассы поездов на магнитном подвесе. Поезд преодолел 30-километровое расстояние всего за восемь минут, развив скорость 405 км/ч. В начале 2003 года первая коммерческая железнодорожная линия с магнитным подвесом была запущена в тестовую эксплуатацию в Шанхае. А уже в 2021 году в Китае запущен полностью автоматизированный подвесной монорельс. Такая монорельсовая линия длиной 30,46 км имеет 25 остановочных пунктов и оснащена системой автопилота, что позволяет использовать поезд без машиниста на борту. По ней запускают 28 поездов с шестью вагонами,

рассчитанные на среднюю скорость 80 км/ч. По оценке экспертов, строительство подобной монорельсовой дороги в среднем стоит в три раза дешевле, чем проведение стандартных линий метрополитена [4].

Внутренние технические характеристики, относительно низкая стоимость введения в эксплуатацию, возможность использования на крутых подъёмах, приемлемое сцепление состава с балкой даже при передвижении по кривым малого радиуса, экологичность, низкий уровень вибрации и шума – основные преимущества монорельса по сравнению с иными видами транспорта.

По итогу, благодаря безопасности движения, способности развивать относительно высокую скорость за сравнительно малый период, благодаря независимости пути от ландшафта и климатических условий, сравнительно малой металлоёмкости и низких энергозатратах, возможности полной автоматизации у монорельса появляются огромные перспективы в сфере пассажирских и грузовых перевозок.

Список использованных источников

1 Осипов, С.И. История монорельса в России // Студопедия: официальный сайт [сайт]. – URL / <https://studopedia.ru/> – Электронный ресурс;

2 Станислав, Е.Л. Монорельсовая дорога // Железные дороги: официальный сайт [сайт]. – URL: <https://lokomotiv.ru/> – Электронный ресурс;

3 Вакуленко, С.П. Разработка вариантов модернизации московской монорельсовой транспортной системы / С.П. Вакуленко, Д.Ю. Роменский, В.А. Мнацаканов, А.В. Дорохов, Д.Н. Власов // Метро и тоннели. – 2020. – № 4. – С. 28-35;

4 Брайт, Д. Китай продемонстрировал маглев, способный развивать скорость 600 км/ч // Хабр: официальный сайт [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/> – Электронный ресурс.

Научное издание

Актуальные проблемы транспорта в XXI веке

Труды II Международной научно-практической конференции

Под редакцией
Технический редактор
Компьютерная верстка

О.В. Князькина
О.В. Князькина
А.А. Серебрякова

Подписано в печать 12.05.2023 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Писчая бумага. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 21,56 Уч.-изд. л. 23,26 Тираж 300 экземпляров. Заказ №103

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, Кемеровская область – Кузбасс
г. Новокузнецк, ул. Кирова 42

Издательский центр СибГИУ