

«Россия слишком велика для неэффективных транспортных технологий»

КОНСОРЦИУМ ПРОЕКТА «ЭЛТРО»



«Национальный исследовательский университет МЭИ» и научно-производственные предприятия «ТрансЭлектрик» и «Энергия» иницируют создание консорциума инновационного развития «ЭлтроПроект» для сотрудничества по реализации инновационной транспортной системы на основе предварительных научно-исследовательских работ компании «ТрансЭлектрик». Консорциум «ЭлтроПроект» представляет собой соглашение между научными, проектными, производственными, эксплуатационными и любыми другими заинтересованными предприятиями и организациями, включая банки, фонды и общественные организации об осуществлении единого многопланового наукоёмкого проекта по созданию качественно новой транспортной инфраструктуры, соответствующей первому постиндустриальному технологическому укладу и способствующей продвижению общества к свободе, процветанию, социальной справедливости и равенству.

ЭЛТРО (инновационная транспортная открытая система) является основой развития партнерства разработчиков и производителей электрических транспортных средств и систем, их агрегатов, узлов, путевой структуры, искусственных транспортных сооружений, тяговых подстанций, а также поставщиков компонентов из других отраслей промышленности: электроники, полупроводников, программного обеспечения, продукции общего машиностроения и т.п.

Организация

В целях развития партнерства в ЭлтроПроекте создаются следующие органы:

- Исполнительный комитет (ИК)
- Руководящий комитет (РК)
- Руководитель проекта (РП)
- Рабочие группы (РГ)
- Администратор проекта (АП)
- Пресс-секретарь (ПС)

Рабочие группы

Руководитель проекта

Группы:

- Подвижного состава
- Путевых и искусственных сооружений
- Энергоснабжения
- Систем управления и безопасности
- Системных научных исследований и профессиональной подготовки кадров
- Экономико-финансового обеспечения и развития
- Планирования и мониторинга

Цели проекта

Реализации собственных российских инновационных эффективных и экологически чистых технологий и ноу-хау в области транспорта;

Разработки проектов российской автоматической электрической транспортной системы для конкретных регионов, остро нуждающихся в эффективном решении транспортных проблем;

Создания экспериментального участка пилотной линии инновационной транспортной системы;

Использования экспериментальных научно-технических разработок проекта в качестве инновационной практической базы для интерактивного обучения студентов и аспирантов научно-исследовательских университетов;

Отработки новых эффективных форм организации и реализации инновационных проектов;

Строительства сети линий в регионах, нуждающихся в эффективном решении транспортных проблем;

Освоения производства инновационных узлов, агрегатов и комплектующих-системы на отечественных предприятиях транспортного, электротехнического, энергетического и электромашиностроения, а также электронной промышленности и информационно-управляющих технологий.

Техническая концепция проекта

Смена и преемственность технических решений на основе исследований преимуществ и недостатков транспортных средств и систем, как эксплуатируемых, реализованных и нереализованных в настоящее время. Строится в виде модели, как образца позитивного будущего, на основе инновационных транспортных, инфраструктурных и информационных технологий. Исследования проводились на основе всестороннего системного анализа следующих известных в настоящее время систем:



Уличный транспорт

Автомобиль,
электромобиль,
автобус
и троллейбус

Внеуличный транспорт

Метро Монорельс Скоростной
трамвай
и городская
железная дорога

Из широко известных и успешно эксплуатируемых в мегаполисах, городах и промышленных центрах в настоящее время следует выделить:

Систему автомобильных дорог общего пользования (уличную сеть), использующую в качестве подвижного состава (транспортных средств) автомобили, автобусы, троллейбусы, трамваи, электромобили:



Система автомобильных дорог общего пользования (уличная сеть)

Недостатки этой системы давно известны. Так на 2015 г. количество зарегистрированных в Москве легковых автомобилей составляло 5,5 млн. единиц и они обеспечивали ежедневную перевозку 1,020 млн. пасс. в день, что составляет только 6% от перевозок общественного транспорта Москвы. Площадь, занимаемая этими автомобилями для хранения составляет 82,5 кв.км, а площадь уличной сети для движения без пробок 577,5 кв.км, что соответствует 53,4% от общей площади Москвы в пределах МКАД. Средняя стоимость реконструкции уличной сети в Москве в 2015 г. составила 58,2 млн. \$ на км. Пропускная способность нестабильна и не превышает 15 тыс.пасс./ч. Скорость сообщения зачастую непредсказуема, в среднем составляет 10-15 км/ч. Расход энергии на перевозку одного пассажира на расстояние 1 км при движении без пробок составляет 219 Вт·ч. Экологический ущерб и ущерб для здоровья и жизни москвичей трудно даже оценить. Таким образом эта система чрезвычайно затратна, как по финансам, так и по всем видам ресурсов, экологически ущербна, а при большой плотности населения является тупиком развития. *Преимущество* — это возможность индивидуальной адресной доставки пассажиров и грузов, что называется «шаговой доступностью», и возможность движения по уличной сети различных транспортных средств, независимо от их принадлежности.

Системы внеуличного движения, использующие специальную путевую структуру с одной степенью свободы движения, такую, как железнодорожная колея, монорельс, канат и т.п.

Наиболее известными являются:

Скоростной трамвай:



Системы внеуличного движения: скоростной трамвай

Недостатки: Скоростной трамвай по сути разрезает городское пространство и требует достаточно большого землеотвода. В концепции скоростного трамвая сохраняются пересечения с второстепенными дорогами, пешеходными переходами. Линии скоростного трамвая оборудуются светофорами или требуется строительство дорогостоящих эстакад. Скоростной трамвай требует для своего строительства большой объем земляных работ. Коммуникации попадающие

в зону строительства необходимо переносить или перекаладывать. Ну, и самое главное, требует больших капитальных затрат и не решает проблему шаговой доступности. Стоимость строительства 1 км линии составляет 30 млн.\$.

В преимуществах: экология, энергоэффективность (20 Вт·ч/пасс.-км), сравнительно высокая пропускная способность (до 25 тыс.пасс./ч) и скорость сообщения (до 30 км/ч), регулярность движения.

Метрополитен



Системы внеуличного движения: метро

Преимущества: Самая эффективная из существующих городских транспортных систем, обладающая высокой производительностью (нормативная 60 тыс. пасс./ч) и скоростью сообщения (системная до 30 км/ч), полной экологической чистотой, независимостью от углеводородного топлива, высокой степенью безопасности и бесперебойности работы.

Однако и она имеет существенные *недостатки:* дорогая по затратам на строительство (до 180 млн.\$/км) и эксплуатацию (3,75 чел.-ч/тыс.пасс.-км), сравнительно невысокой системной энергоэффективностью (53 Вт·ч/пасс.км) за счёт вспомогательных энергозатрат на освещение, эскалаторы, вентиляцию, водоотведение, шумная и малокомфортная для пассажиров вследствие движения в тоннелях, необходимости остановок на всех станциях, хотя выходить всем не надо, пересадок и перемещения по длинным эскалаторам, не обеспечивающая индивидуальности и универсальности перевозок и шаговой доступности.

Городская железная дорога

Преимущества и недостатки практически те же, что и у скоростного трамвая, только система более громоздкая и капиталоемкая (45 млн.\$/км), а также требующая отвода больших площадей дорогостоящей городской земли. Производительность до 40 тыс.пасс./ч, скорость сообщения до 40 км/ч, энергоэффективность 17,5 Вт·ч/пасс.-км.



Системы внеуличного движения: городская железная дорога

Монорельсовая дорога

Классической монорельсовой дорогой является Вуппертальская монорельсовая дорога, построенная ещё в 1901 году в г. Вупперталь (Германия) и имеющая протяжённость 13,3 км. Она успешно эксплуатируется до сих пор, перевозя более 19 млн. пассажиров в год.



Системы внеуличного движения: классический монорельс

В классическом понимании монорельсовая дорога это дорога с одним несущим рельсом, обычно поднятым над землёй. В современной практике под монорельсовой дорогой более широко понимают различные формы надземного транспорта, где рельса как такового может и не быть вообще. Т.е. монорельсом в настоящее время стали называть любую форму эстакадного транспорта, где подвеска или навеска подвижного состава выполнена нетрадиционным способом. Поэтому существует большое разнообразие таких дорог. Всех их объединяет наличие эстакады, а различает способ положения подвижного состава относительно пути: навесной или подвесной.

Примером современной навесной монорельсовой дороги является Московская монорельсовая транспортная система (ММТС), запущенная в 2004 году, имеющая протяжённость 4,7 км и перевёзшая в 2014 году 5,6 млн. пассажиров.



Системы внеуличного движения: московский монорельс

Итоги создания и начала эксплуатации первой линии ММТС повлекли за собой компрометацию идей городского монорельса поскольку выбор типа монорельса и прокладки трассы с большим количеством ограничений скорости был сделан вопреки рекомендациям, выработанным еще в СССР в 60-е годы. Навесные монорельсы в нашей климатической зоне проблематичны. Кроме того выбранная структура линии и подвижного состава реализует лишь 20 % возможности системы. Вследствие этого экономическая неэффективность, хотя отзывы пассажиров, пользующихся системой положительные. Примерами подвесной монорельсовой системы являются монорельсы Shonan и Chiba Urban в Японии. Обе системы по своим габаритам, массе подвижного состава, пропускной способности и многим другим параметрам фактически соответствуют подземному метрополитену и успешно эксплуатируются. Однако существенных достоинств по отношению к метрополитену не достигнуто. Поднять над землёй тяжелые транспортные средства является бесперспективным занятием, т.к. такая система становится неоправданно дорогой и при этом ещё загромождает пространство города.



Системы внеуличного движения: подвесной монорельс Shonan в г.Токио

Более лёгкую и полностью автоматическую монорельсовую систему подвесного типа в начале 80-х годов прошлого века разработала фирма Siemens под проектным названием SIPEM (Siemens PEople Mover). Она была реализована в 1984 году в г. Дортмунд под оригинальным названием системы H-Bahn («Hängebahn»). Позже, в 2002 г., такая система была реализована и в Дюссельдорфе под названием SkyTrain.



Системы внеуличного движения: Sky Train в г. Дюссельдорф

Эта система имеет много потенциальных, но полностью нереализованных преимуществ. Стоимость строительства составляет 20 млн.\$/км, производительность до 15 тыс.пасс./ч, скорость сообщения до 25 км/ч, энергоэффективность 25 Вт-ч/пасс.-км.

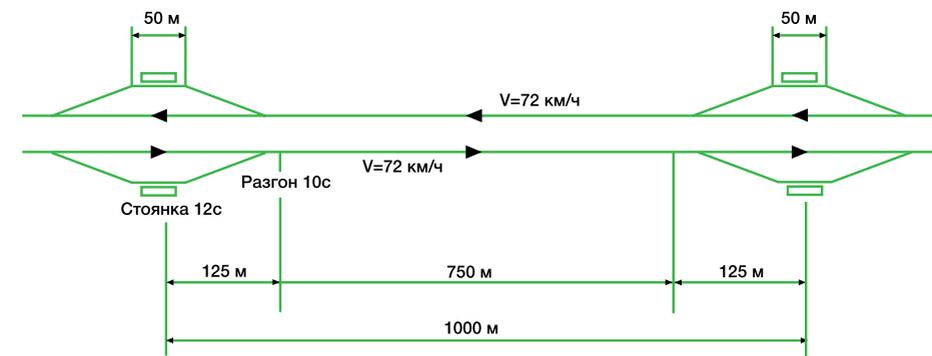
Результат анализа существующих транспортных систем

Внеуличные системы транспорта обладают существенными преимуществами перед системой уличного движения вследствие точного графика и предсказуемости движения, возможности полной автоматизации процесса движения, использования электроэнергии от стационарных энергосистем, высокой безопасностью движения, отсутствием загрязнения окружающей среды, экологической безопасностью, высокой пропускной способностью и скоростью сообщения, энергоэффективностью, высокой эффективностью использования подвижного состава и профессиональным его обслуживанием. Однако ни одна из существующих внеуличных систем не даёт полноценной замены уличной сети по универсальности использования, доступности для разнообразных типов подвижного состава и различных операторов движения, адресности и комфорту доставки пассажиров и грузов в пределах шаговой доступности.

Проведенный анализ существующих транспортных систем показывает следующий путь решения проблемы:

Непрерывность движения потока лёгких транспортных средств

Транспортная магистраль с пропускной способностью до 110 тыс. пассажиров в час в каждом направлении (элтраль)

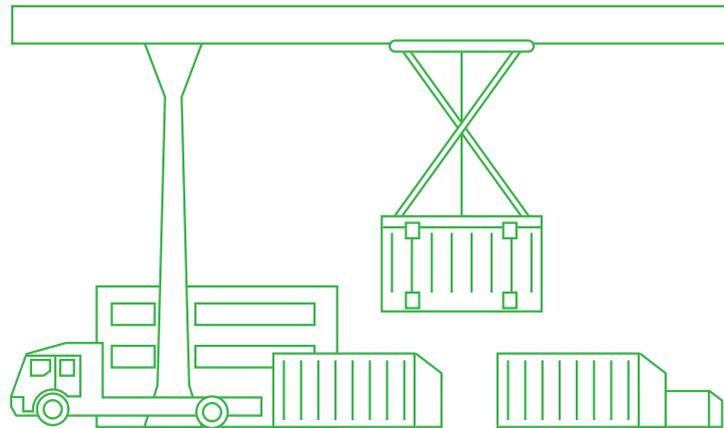


Развязка транспортных потоков надземной путевой структурой

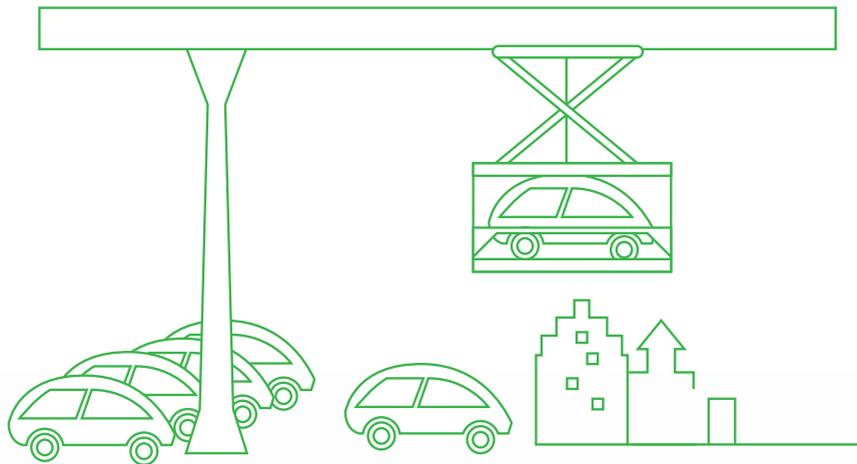


Общедоступность и многофункциональность транспортной системы за счёт трансформенности транспортных средств, разделённых на средство доставки (стандартный электротранспортёр) и быстро стыкующиеся с ним разнообразные кузова, контейнеры и платформы для разных видов перевозок (индивидуальных, маршрутных, пассажирских, грузовых, товарных, экскурсионных, медицинских, социальных, чрезвычайных, пожарных и т.п.).

Многофункциональность транспортной системы: транспортировка грузовых контейнеров



Многофункциональность транспортной системы: транспортировка легковых автомобилей



Минимальное воздействие на окружающую среду с сохранением ландшафта и природного комплекса



Минимальное отчуждение городской территории за счёт малогабаритной надземной путевой структуры



Отсутствие необходимости сооружения мостов, эстакад и тоннелей за счёт применения специальных удлинённых пролетных балок



Эффективное преодоление водных преград за счёт использования легких вантовых пролётных строений



Эффективное преодоление пересечённой местности и горного рельефа за счёт использования легких вантовых пролётных строений



Энергоэффективность за счёт высокого к.п.д. тягового электропривода, режимов безостановочного движения и рекуперации энергии при торможении.*

Энергонезависимость от невозобновляемых источников энергии, в том числе за счёт использования солнечных батарей



*Адресность и комфорт доставки в пределах шаговой доступности за счёт автоматизации системы, развития интегрированной сетевой путевой структуры, малых габаритов, экологической безопасности и интегрирования в общественные, производственные и жилые здания.

Всепогодность за счёт защищённой от атмосферных осадков путевой структуры.

Широкий диапазон климатических зон использования (включая зону крайнего севера и вечной мерзлоты) за счёт надземной путевой структуры.

Минимально необходимое количество транспортных средств за счёт их эффективного использования.

Низкий уровень шума за счёт использования электропривода, эластичных элементов подвески и колёс или электромагнитной левитации.

Возможность расширения и технического развития транспортной системы за счёт оптимизации технических регламентов, трансформенности и модульности системы.

Высокие темпы строительства за счёт минимального объёма земляных работ и использования индустриально изготовленных конструкций



Исходя из этих ключевых принципов построения транспортной системы и эскизного конструирования принципиально новых узлов, устраняющих недостатки и противоречия существующих систем, предлагается лёгкая инновационная надземная транспортная система «ЭЛТРО» (электрических транспортных линий общего доступа), совмещающая в себе преимущества и устраняющая недостатки всех известных в настоящее время систем.

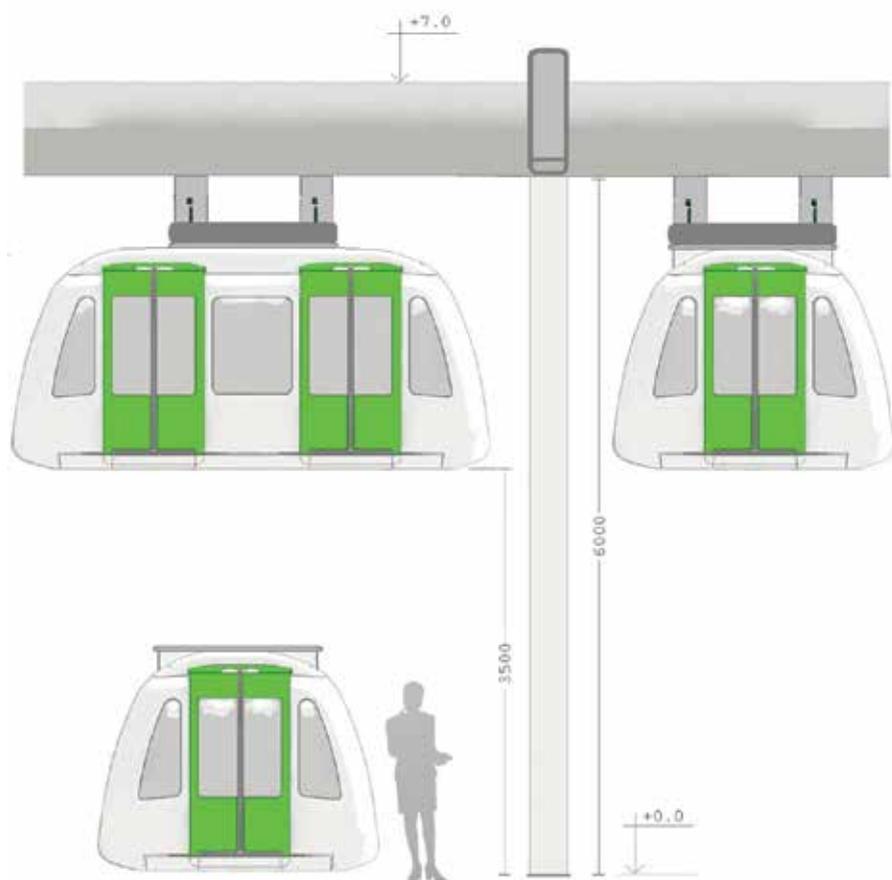
Технические характеристики системы

скорость на магистралях — до 32 м/с (115,2) км/ч;
 вместимость кабин — от 4 до 16 сидячих мест;
 провозная способность — до 48 тыс. пассажиров/направление;
 удельное энергопотребление — не более 20 Вт ч/пасс.-км;
 внешнее электроснабжение — 3–10 кВ, 50 Гц;
 напряжение контактной сети — 600 В постоянного тока;
 высота кузова над землей — 5–15 м;
 стандартный шаг опор — 32 м;
 длина специального пролёта — 128 м;
 максимальная длина прлёта — 1024 м;
 максимальный уклон (подъём) — 12%;
 минимальный радиус поворота — 8 м;
 опорное сечение колонн — 400*400 мм;
 сечение путевой балки — 400*400 мм;
 стойкость защитного покрытия — 15–20 лет;
 общий жизненный цикл — 100–150 лет.

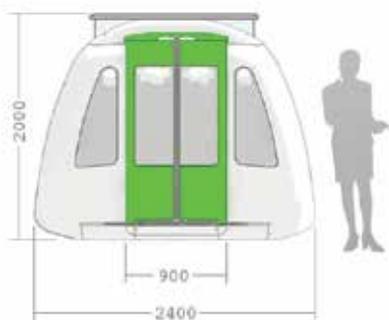
Технические характеристики подвижного состава

внешние максимальные габариты кузовов и контейнеров — длина 4800 мм,
 ширина 2000 мм, высота 2000 мм;
 двери 4(2 шт.) — 1800*1200 мм;
 собственная масса электротранспортёра — 300 кг;
 собственная масса пассажирской кабины — 750 кг;
 собственная масса грузового контейнера — 400 кг;
 полный вес транспортного средства — не более 3200 кг;
 полезный груз — до 2500 кг;
 тип привода:
 1) мотор-колёса: количество — 4 шт.;
 мощность:
 длительная — 11 кВт; пусковая (1 мин) — 33 кВт;
 2) линейная левитационная тяговая машина (Л2ТМ): количество — 2 шт.;
 мощность:
 длительная — 22 кВт; пусковая (1 мин) — 45 кВт;
 ускорение/торможение — 2,5 м/сек²;
 уровень шума — до 50 дБ (40 дБ для Л2ТМ);
 жизненный цикл — 30–40 лет.

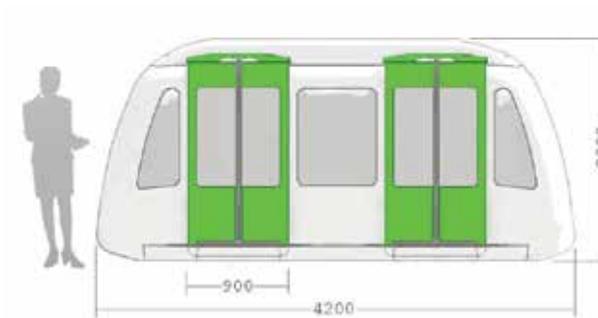
Путевая структура и подвижной состав



Размеры «ЭлтроВэна-мини»



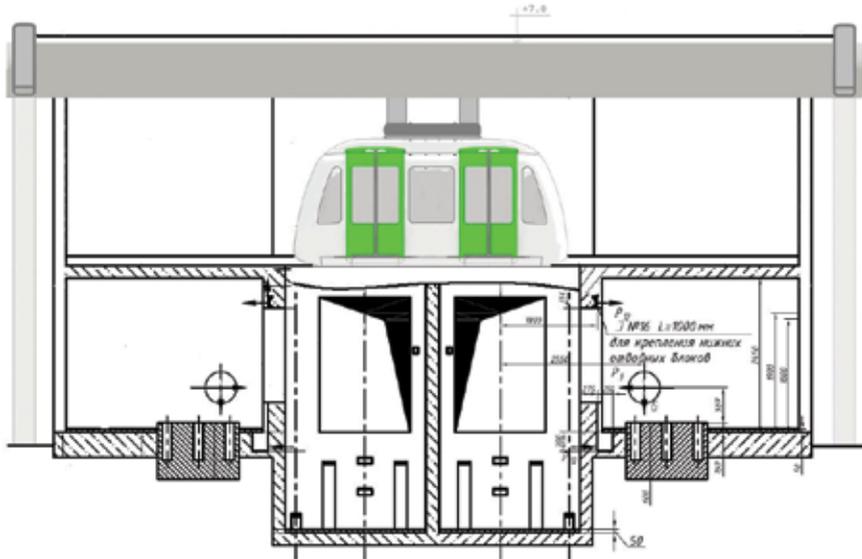
Размеры «ЭлтроВэна-макси»



Внутренняя компоновка «ЭлтроВэна»



«ЭлтроВэн» на промежуточной остановке

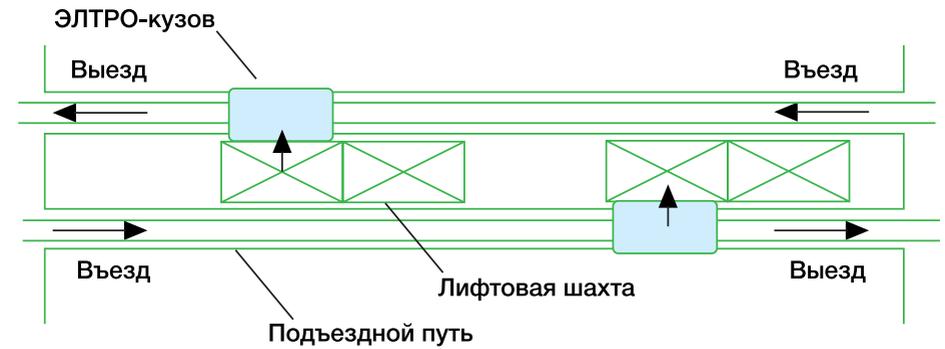


Станции с закрытыми посадочными перронами



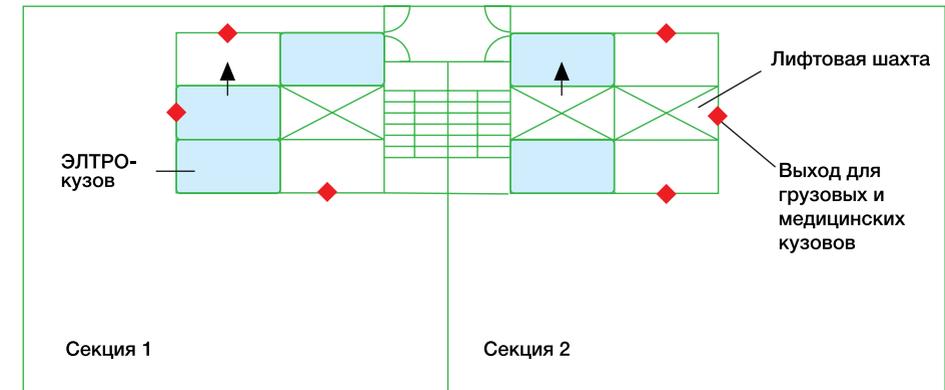
Домовый терминал

Встроенный ЭЛТРО-терминал

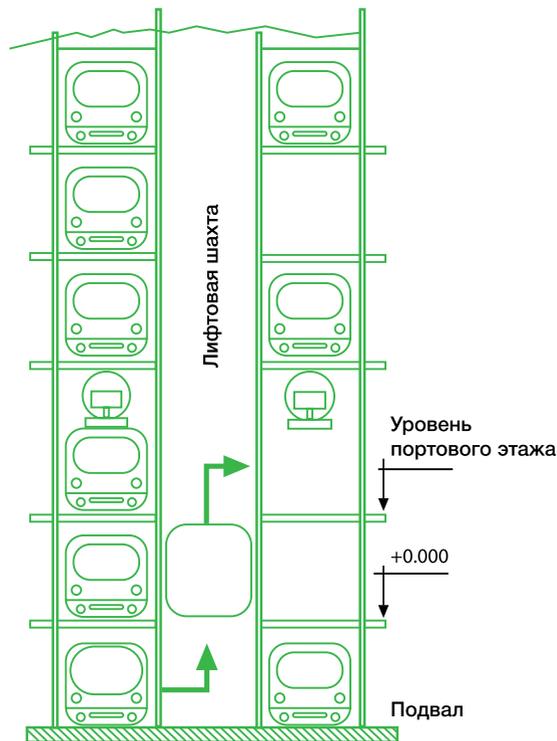


Кассетный принцип хранения элтрокабин

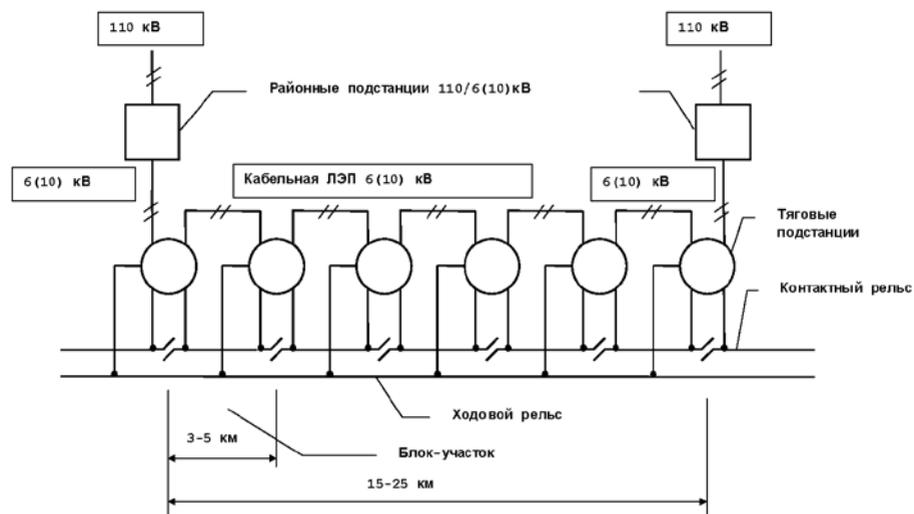
Ячейки кассетного ЭЛТРО-депо на этажах зданий



Примерный вид кассетного накопителя



Электроснабжение Элтролиний



Автоматическая система управления



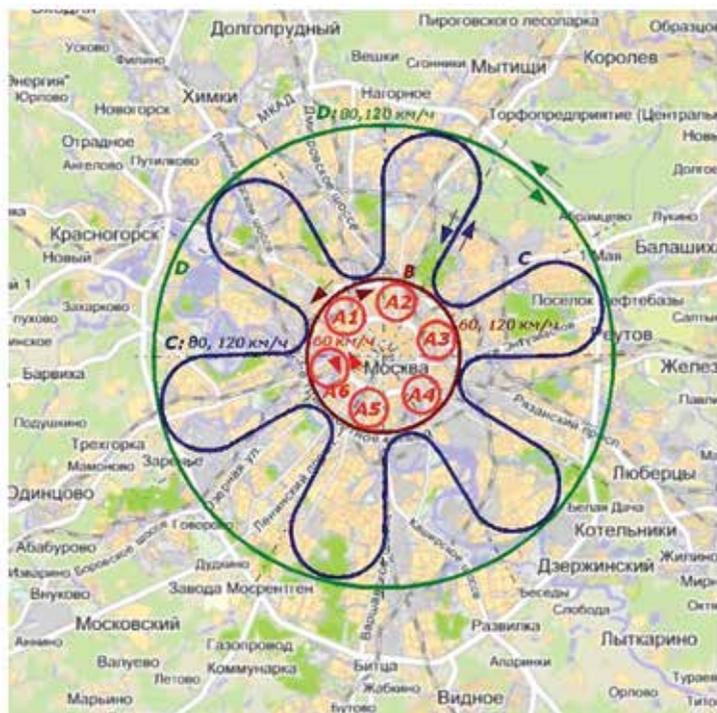
Московский магистральный каркас транспортной системы «ЭЛТРО»

Непрерывность движения на магистралях «ЭЛТРО» требует неординарного подхода по построению транспортного каркаса городских магистралей. Однако при правильном подходе к построению такого каркаса система даёт большой эффект при минимальной длине магистралей и количестве необходимого подвижного состава.

Москва по исторически сложившейся структуре является радиально-кольцевой транспортной системой, со всеми её недостатками для традиционных видов транспорта. Однако, используя свойства непрерывной автоматической транспортной системы, эти недостатки превращаются в достоинства. Для этого за базовую структуру примем кольцевую многоуровневую сеть, равномерно с шагом 5 км охватывающую всю территорию Москвы, а со временем и Московской области. Центральную магистраль выполним в виде кольца В (бордового цвета) диаметром 10 км, при этом её длина составит ориентировочно 31,5 км. При такой длине желательно иметь два скоростных уровня 60 и 120 км/ч. Ориентировочное время достижения любой точки магистрали (длительность транспортировки) в пределах 10 мин. Наружное кольцо D (зелёного цвета), имея диаметр 30 км, охватывает всю территорию Москвы в пределах МКАД. Оно может иметь два скоростных уровня 80 и 120 км/ч. Длина этого кольца ориентировочно составляет 95 км. Ориентировочное время достижения любой точки магистрали в пределах 25 мин. Внешнее D и внутреннее В кольца связаны между собой кольцевой волнообразной магистралью С (синего цвета) непрерывного двунаправленного движения. Эта магистраль имеет два ско-

ростных уровня 80 и 120 км/ч. Кроме связи внутреннего и внешнего колец эта магистраль охватывает все районы Москвы, обеспечивая расстояние доступа от любой точки города до въездных терминалов магистрали, не превышающее 5 км. Волнообразная кольцевая магистраль С выполняет радиальные перемещения пассажиропотоков в режиме скоростного непрерывного движения. Центральная часть города охватывается буферными кольцами А1-А6 (красного цвета), имеющими диаметр 2,5 км и соответственно длину около 8 км. Эти кольца предназначены для рассеяния потоков элтровэнов по улицам центральной части города и имеют один скоростной уровень 60 км/ч, связаны с кольцом В и также имеют непрерывное движение. Ориентировочное положение этих магистралей на карте Москвы показано на рисунке, а ориентировочные параметры приведены в таблице.

Московский магистральный каркас системы



Основные параметры Московского магистрального каркаса ЭЛТРО

Наименование магистрали	Длина, км	Скоростные уровни, км/час	Длительность транспортировки (не более), мин	Макс.векторный пассажиропоток в одном направлении, тыс.пасс./час
Красное кольцо А	8	60	5	до 96
Бордовое кольцо В	31,5	60 и 120	10	до 288
Синее кольцо С	153	80 и 120	15	до 320
Зелёное кольцо D	95	80 и 120	25	до 320

Суммарная потребная длина всех магистралей «ЭЛТРО» для обеспечения полного суточного трафика Москвы (17 млн. пасс. в сутки) составляет 327,5 км, т.е. не превышает длину линий Московского метро (338,9 км по состоянию на 2016 г.). Потребное количество подвижного состава (вместимостью 16 пассажиров) 13168 ед. Парк вагонов Московского метро составляет 5314 вагонов по состоянию на 2016 г.

Достоинства транспортной системы

- высокая пропускная способность и скорость сообщения за счёт постоянства скорости подвижного состава на магистральных и, соответственно, непрерывности транспортного потока;
- естественная развязка с существующими транспортными системами; высокая безопасность движения;
- освобождение городских территорий от наземных транспортных потоков для пешеходных и парковых зон;
- возможность простого преодоления природных преград (рек, оврагов, пропастей, ущелий и т.п.);
- адресность и комфорт доставки пассажиров и грузов «от порога до порога» больше, чем при использовании индивидуальных автомобилей; полная автоматизация управления и исключение человеческого фактора из безопасности движения;
- решение проблем парковки и хранения транспортных средств с минимальным использованием городских территорий;
- полный автоматический контроль технического состояния, сертификатов и доступа к транспортным средствам за счёт применения электронных средств идентификации и оплаты услуг;

минимальные энергозатраты при полной экологической безопасности; повышенная надёжность и долговечность транспортных средств за счёт упрощения их конструкции;

независимость от погодных условий;

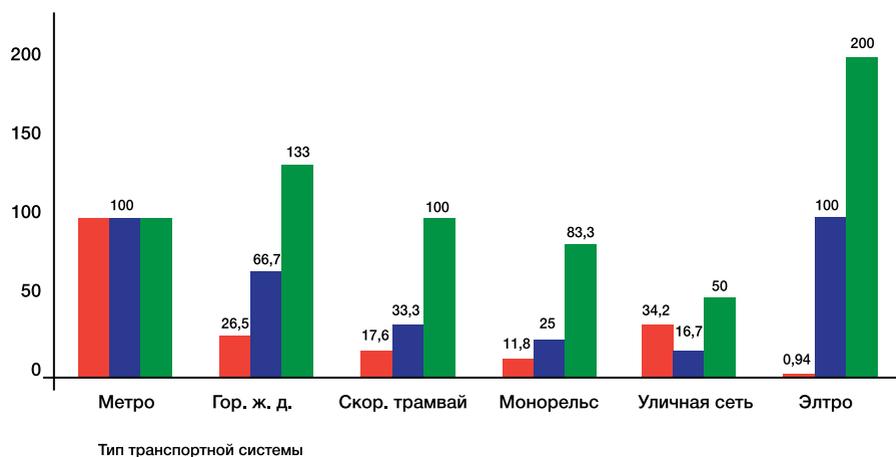
низкая трудоёмкостью и себестоимость строительства, обслуживания и эксплуатации;

любой способ пользования транспортным средством (индивидуальное, корпоративное, общественное);

доступ к движению по транспортным линиям любых операторов транспортных услуг;

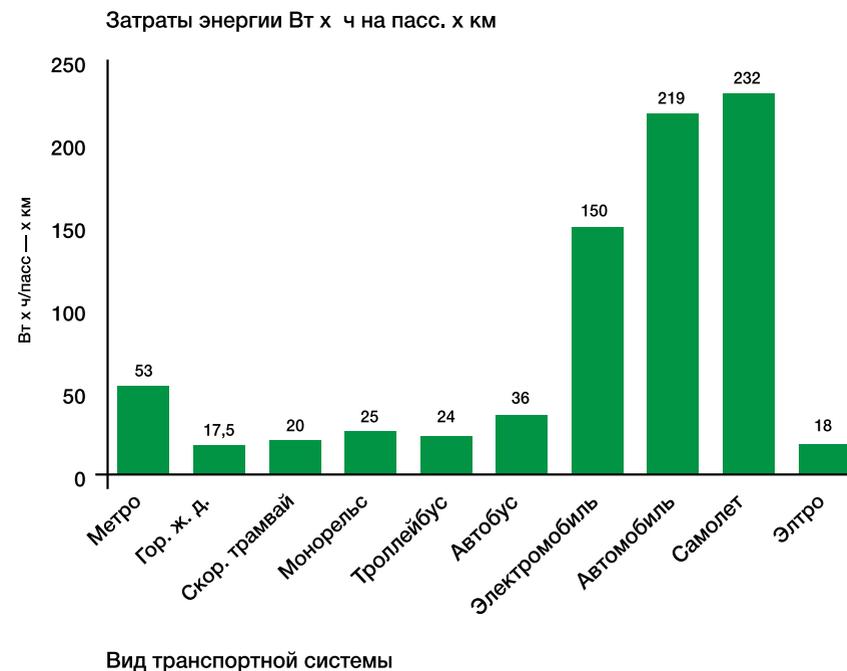
способность системы к расширению и развитию.

Сравнительные показатели транспортных систем

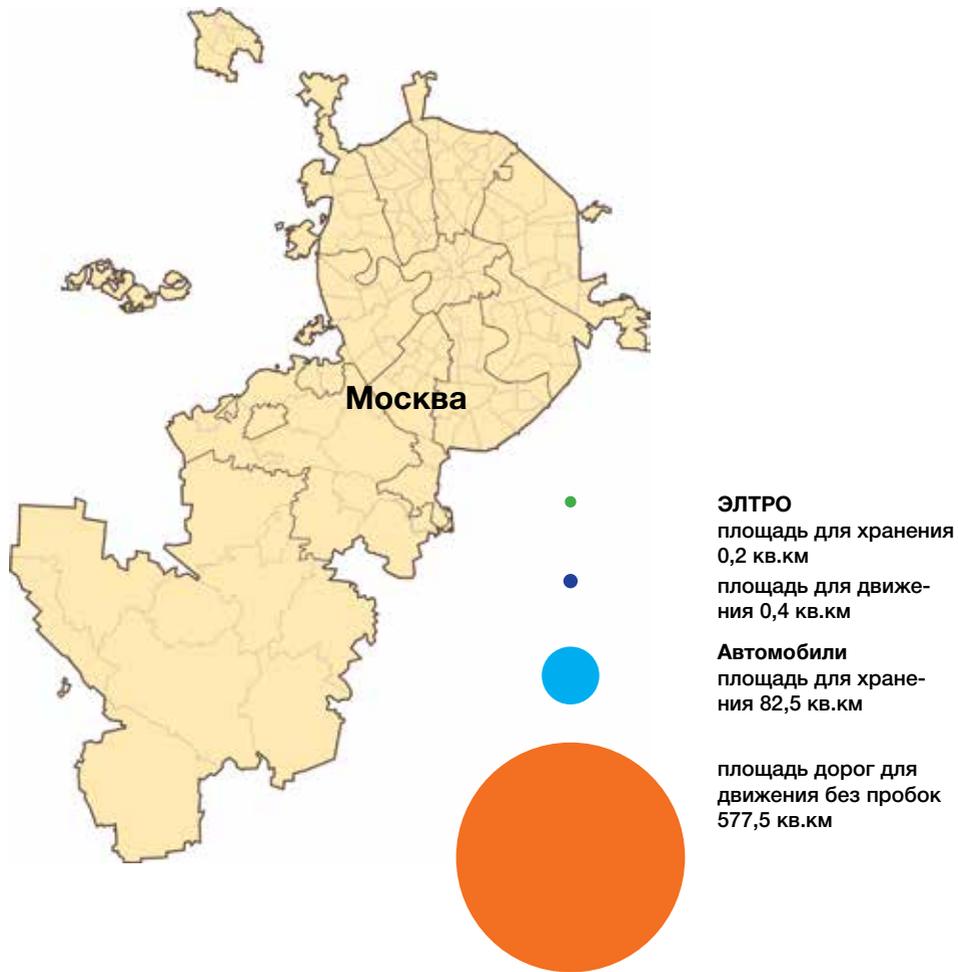


- Кап.затраты, 100%=170 млн. \$/км
- Производительность, 100%=60 тыс. пасс./ч
- Скорость сообщения, 100%=30 км/ч

Энергоэффективность транспортных систем



Потребность в городских площадях для транспортных систем



Транспортное средство	Количество в Москве, тыс.ед.	Потребная площадь, кв.км	
		Для хранения	Для движения
Легковые автомобили	5500	82,5	577,5
ЭЛТРО	13,168	0,2	0,4



Успехов движения в будущее!
 Руководитель проекта В.Г. Комаров

