



Инновационный подход к созданию новых видов городского пассажирского транспорта



Наталья ТРОИЦКАЯ

Наталья Александровна Троицкая

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.

✉ tronat@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время население всё больше концентрируется в крупных городах и мегаполисах, активно застраиваются городские окраины. По расчётам социологов в городах к 2025 году будет жить более 80 % населения. Для мегаполисов характерна социальная напряжённость, связанная с транспортной и экологической обстановкой, усугубляющаяся в связи с ростом численности населения, увеличением его плотности и возрастанием количества автомобилей на душу населения.

Система «город – транспорт» имеет обратную связь: когда город исчерпает возможности созданной транспортной системы по быстрому и удобному передвижению пассажиров, потребуется изменение характеристик средств городского транспорта вплоть до создания принципиально новых на современных источниках энергии.

Транспорт – отрасль обслуживающая и должен удовлетворять требования тех, кто им пользуется. Для городских пассажирских перевозок главным является качество обслуживания.

Во все времена людям было свойственно желание перемещаться, используя для этого разнообразных животных в зависимости от региона проживания. У людей обеспеченных имелись специальные возки, кареты и животные в собственности. Простой люд был пешим, но с ростом населённых пунктов и городов стал испытывать большие трудности для перемещения на значительные расстояния. Идея создания общественного транспорта, то есть доступного для пользования любого жителя за

умеренную плату была сформулирована известным физиком Б. Паскалем в 1661 году.

Серьёзного развития эта идея достигла позже в связи с интенсивным ростом городов и благодаря разработкам учёных в области точных наук.

В качестве метода исследования в этой обзорной статье использован анализ истории появления и развития каждого из видов транспорта в мировой и отечественной практике, что дало возможность проследить эволюцию городского транспорта вплоть до сегодняшних дней. Цель данной статьи – представить дальнейшую эволюцию транспортного обслуживания города, требующую инновационного подхода к созданию новых видов транспорта.

Исследования отражались в соответствующих статьях, а также в разделах «Городской транспорт» ряда учебников.

В статье рассматривается инновационный подход к модернизации имеющихся городских транспортных средств и созданию новых, обеспечивающих экологическую чистоту, безаварийность, уменьшение занятости территории города, создание комфортных условий перевозки пассажиров и др. Для этого предусмотрено широкое использование цифровых технологий, а также нетрадиционных транспортных систем.

Рассмотрено и проанализировано перспективное внедрение принципиально новых транспортных средств на примерах опыта городов и мегаполисов в России и за рубежом.

Ключевые слова: общественный городской транспорт, инновация, гибридный транспорт, экология, взаимозаменяемые виды энергии, занятость территории города, использование подземного пространства.

Для цитирования: Троицкая Н. А. Инновационный подход к созданию новых видов городского пассажирского транспорта // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 1 (98). С. 36–49. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-1-5>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Проведённый анализ истории появления и развития каждого из видов транспорта в мировом масштабе позволил всю историю городского транспорта разделить на несколько периодов:

1) с конца XVII до последней четверти XVIII столетия в городах доминировало пешеходное сообщение, передвигаться можно было также верхом или в конных упряжках, это сообщение диктовало плотность и размеры застройки для приемлемых затрат времени и сил на перемещение. Услуга «пассажирский извоз по найму», которую условно можно рассматривать как начало общественного транспорта и современного такси, зародилась в Великобритании в 1639 г., когда была учреждена лицензия на извоз. Точную дату рождения российского частного извоза назвать сложно. Период извозчиков, каждый из которых имел свой жетон с номером, длился до 1898 года. Затем появились таксометры, а в 1904 году было организовано таксомоторное общество [1];

2) в последнюю четверть XVIII–середине XIX в. для городов небольших размеров появился возок с конной тягой (скорость до 10 км), начались опыты с паровыми транспортными средствами, появился прототип автомобиля – телега Н.-Ж. Кюньо в 1769 году (Франция); первый двухколёсный металлический велосипед сконструировал в 1801 году Е. Артамонов;

3) во второй половине XIX века при резком росте промышленного производства и росте городов для конной тяги проложили рельсы («конка»). В Лондоне в 1863 году открыли метрополитен на паровой тяге, в 1890 году её заменили электротягой; первая линия метрополитена в Нью-Йорке открыта в 1868 году как наземная, на металлических эстакадах, железнодорожная линия с канатной тягой, которая была заменена паровой в 1871 году и в 1890 году электрической;

4) конец XIX–первая четверть XX в. характеризуется развитием рельсового транспорта на электроэнергии: трамвай (1874 год, Россия, 1881 год, Германия); метрополитен распространился во многих городах мира (в России в 1935 году); первый монорельс построен в г. Вупперталь (Германия) в 1901 году; расширилась связь города с пригородной зоной с помощью железнодорожного транспорта. Появился индивидуальный автомо-

биль. Некоторое отставание в России от появления отдельных видов транспорта было связано с нежеланием владельцев железнодорожных дорог (городского общественного пассажирского транспорта в России) терять свои капитальные затраты и доходы;

5) с первой четверти XX века по настоящее время преобладают виды транспорта на электроэнергии с некоторыми недостатками и на двигателях внутреннего сгорания (экологически нечистое сообщение) во всех городах мира. В связи с чем идёт интенсивное развитие разнообразных видов городского транспорта с использованием различных типов энергии для устранения имеющихся на сегодня недостатков у каждого из видов городского транспорта.

Целью данной статьи является анализ результатов исследований по совершенствованию транспортных средств для городских условий. Новейшие транспортные средства позволяют улучшить технические характеристики, уменьшить загрязнение воздуха, повысить безопасность движения и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Перед транспортом будущего стоят новые задачи, требующие инновационного подхода. Для пассажирских городских перевозок важны, прежде всего, сокращение времени и комфортность поездки. Проектировщики для экономии времени пассажиров традиционно предлагают высокоскоростные поезда железных дорог, но это касается, прежде всего, междугороднего сообщения. Над технологиями в этой области работают практически все передовые страны. Скорости, которые используются сейчас в междугородном пассажирском сообщении, практически нельзя реализовать в городе, где есть определённые нормативные требования для расположения остановок пассажирского городского транспорта.

Среди альтернативных вариантов для городских перевозок пассажиров надо отметить, прежде всего, прошедшие период апробации и внедряемые принципиально новые виды городского транспорта или известные виды, перешедшие на возобновляемые виды энергии.

Самым «умным» городом в мире на сегодня считается Сингапур с 5,8 млн населения, благодаря применению имеющихся новаций на транспорте. За относительно небольшой





Рис. 1. Model X – полноразмерный, полноприводный электроавтомобиль. [Электронный ресурс]: https://tesla-online.ru/model_x. Доступ 12.01.2022.

срок там смогли внедрить все современные достижения, касающиеся транспорта, полностью ликвидировав пробки на улицах благодаря установке специальной техники слежения и распределения потоков, снабжению населения мобильными устройствами, применению беспилотных автобусов и прочих технических средств.

В Сингапуре прошли успешно в 2019 году испытания беспилотного гибридного электрического автобуса на 80 пассажиров длиной 12 м. Запас хода – 25 км, полная зарядка электроустановки происходит за шесть минут во время стоянки или на автобусных остановках. Автобус оснащён системой GPS и снабжён датчиками, позволяющими получать и обрабатывать информацию об удалённых объектах, и специальными камерами, транслирующими трёхмерное изображение окрестностей с учётом местного трафика и климата. Запущено беспилотное такси на территории сингапурского делового центра, впоследствии систему распространили на весь город¹.

В Калифорнии (США) разрабатывается инфраструктура «умного города» с «умными дорогами», бесплатным Wi-Fi, светодиодными уличными фонарями, датчиками загрязнения воздуха и солнечными батареями, здесь же будут использоваться и беспилотные автобусы. Появится первая «зелёная» железная дорога, т.е. дорога, позволяющая снизить уровень воздействия на окружающую среду благодаря получению энергии от возобновляемых источников.

¹ The future of sustainable mobility in Singapore. [Электронный ресурс]: <https://www.webuildvalue.com/en/megatrends/singapore-smart-city.html>. Доступ 12.01.2022.

Калифорния перейдёт на «зелёные» автобусы к 2040 году².

Значительное число городов в мире уделяют приоритетное внимание развитию инфраструктуры для велосипедного движения как экологичного вида городского транспорта. Существует множество рейтингов, оценивающих, в том числе, и удобство городской инфраструктуры для велосипедистов. Например, в число лучших в одном из таких рейтингов в 2019 году входили Копенгаген, Амстердам, Утрехт, Антверпен, Страсбург, Бордо, Осло, Париж, Вена, Хельсинки, Бремен, Богота, Барселона, Любляна, Берлин, Токио, Тайпей, Ванкувер, Монреаль, Гамбург³.

Надо заметить, что велосипед как вид городского транспорта очень распространён в азиатских (Китай, Вьетнам и др.) и во многих европейских странах (Нидерланды, Германия и др.). Примером в настоящее время может служить и Москва, на улицах которой созданы велодорожки (без допуска на них пешеходов) и предусмотрены специальные стоянки для проката велосипедов. В последние годы всё большее число городов мира (Дубай, Нью-Йорк, Париж и др.) начали предлагать систему обмена механических велосипедов на электрические.

Ведётся разработка и поэтапное внедрение в городах электромобилей. В 2012 году в Лос-Анджелесе представили прототип

² Калифорния перейдёт на «зелёные» автобусы к 2040 году. [Электронный ресурс]: <https://nplus1.ru/news/2018/12/17/zero-emission-california>. Доступ 12.01.2022.

³ The 2019 Copenhagenize Index of bicycle-friendly cities [Электронный ресурс]: <https://copenhagenizeindex.eu/about/the-index>. Доступ 12.01.2022.

Model X – полноразмерный, полноприводный люксовый SUV-электромобиль с автоматически складывающимися задними дверями Falcon Wing («крыло сокола»), открывающими доступ ко второму и третьему ряду сидений (рис. 1)⁴.

Появились автомобили на электрической энергии, способные пройти 975,6 км на одной зарядке⁵.

Такое стало возможным благодаря изменению привычной формы автомобиля на аэродинамическую, использованию мощных аккумуляторов и солнечных панелей для дополнительной подзарядки.

Уже существуют электрические велосипеды, которые на одной зарядке могут проехать 350–400 км⁶.

Электрический самокат Сегвей (появился в 2002 году) – это средство передвижения индивидуальной мобильности (СИМ) с необычной системой балансировки для удержания человека в равновесии (рис. 2)⁷.

СИМ – средства для передвижения человека посредством использования электродвигателя или мускульной энергии (роликовые коньки, самокаты, моноколёса и др., кроме велосипедов и инвалидных колясок).

Появление транспорта на электроэнергии обозначило новую проблему – строительство зарядных станций. География расположения «электрозаправок» фирмы Supercharger в США позволяет владельцам таких автомобилей пересечь всю территорию США в любом направлении⁸.

В Европе к концу 2020 года было построено около 287 тыс. доступных пользователям зарядных станций⁹, время зарядки аккумуля-



Рис. 2. Электрический самокат Сегвей (<https://www.segway.com>).

торов на них примерно шесть минут. По некоторым оценкам, в 2021 году их число могло превысить 350 тыс., а потребность в них к 2050 году может оцениваться более чем в 3 млн.

В России идёт интенсивная апробация электрических городских автобусов. Установлено, что замена одного дизельного автобуса на электробус снижает выбросы CO₂ на 60,5 т в год. В Москве в августе 2021 года ежедневно на линию выходили более 700 экологически чистых электробусов¹⁰.

Согласно договору с заводом, КамАЗ будет не только выпускать часть этих новых транспортных средств, но и в течение 15 лет полностью их обслуживать¹¹.

Проблема ДТП актуальна во всём мире: по данным ВОЗ каждые 24 секунды в ДТП в мире погибает один чел., в год – 1,25 млн [2]. Эта проблема привела к необходимости создания городских транспортных средств-беспилотников, т.е. без участия водителей, с полностью автоматическим управлением. Россия присоединилась к единой концепции ООН «Дороги для жизни» для привлечения внимания к уязвимому положению пешеходов на дороге [2].

¹⁰ Сергей Собянин рассказал о развитии электротранспорта в Москве. [Электронный ресурс]: <https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/7574050/>. Доступ 12.01.2022.

¹¹ В скором времени каждый пятый московский автобус будет сходить с камазовских конвейеров. [Электронный ресурс]: <https://realnoevremya.ru/articles/163962-kamaz-perecast-mosgortransu-elektrobusy-na-40-milliardov>. Доступ 12.01.2022.

⁴ Новая Tesla Model X – самый быстрый в мире электрический кроссовер. [Электронный ресурс]: https://tesla-online.ru/model_x. Доступ 12.01.2022.

⁵ 1000 км на одной зарядке? Tesla уже готовит такие электромобили. [Электронный ресурс]: <https://www.ixbt.com/news/2020/11/25/1000-km-na-odnoj-zarjadke-tesla-uzhe-gotovit-takie-elektromobili.html>. Доступ 12.01.2022.

⁶ Сколько может проехать электровелосипед на одной зарядке? [Электронный ресурс]: <https://veloprosto.com/how-long-can-e-bike-go-on-one-...>. Доступ 12.01.2022.

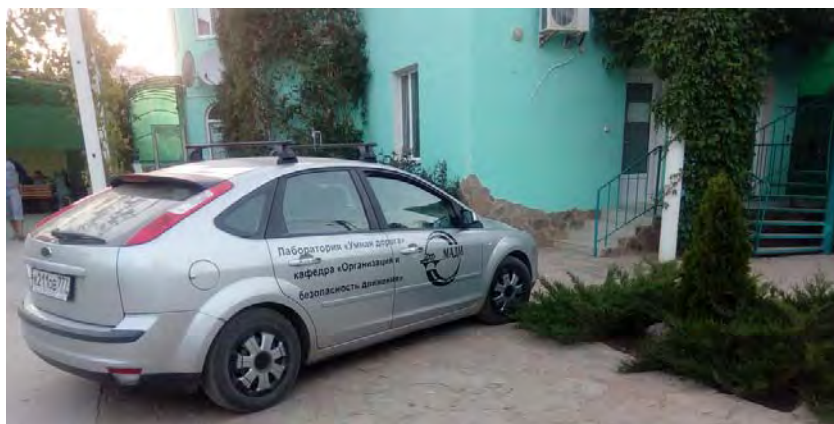
⁷ Сайт компании Segway. [Электронный ресурс]: <http://ru.segway.com/about-us.html>. Доступ 12.01.2022.

⁸ Сеть заправочных станций Tesla Supercharger. [Электронный ресурс]: <https://tesla-automobile.ru/karta-tesla-supercharger/>. Доступ 12.01.2022.

⁹ Werwitzke, C. EAFO study: charging infrastructure in the EU. [Электронный ресурс]: <https://www.electrive.com/2021/03/05/eafo-study-charging-infrastructure-in-the-eu/>. Доступ 12.01.2022.



а)



б)



Рис. 3. Автомобиль-беспилотник МАДИ (а) и эстонский автобус-беспилотник шаттл, работающий в ограниченных городских зонах (б) [5].

В городе Иннополис Республики Татарстан с 2018 г. проводится эксперимент по внедрению беспилотного автомобиля-такси. Такой автомобиль оценивает дорожную обстановку в зоне 360 градусов и на расстоянии в 100–200 м с помощью наборов сенсоров – шести радаров и камер – 50 раз в секунду¹².

Компания «Яндекс» в 2019 году запустила сервис беспилотного такси на территории подмосковного инновационного центра «Сколково»¹³.

Во многих странах проходят испытания или внедряются беспилотные технологии движения метропоездов. Так, в Пекине начались испытания первой полностью автоматизированной линии метро «Яньшань–Фаншань». В новых пекинских поездках нет кабин

машинистов, а эксплуатацией и техобслуживанием линии занимается «умная» система¹⁴.

Проект канадского подразделения Bell Helicopter получил официальную поддержку государственных властей на разработку беспилотных версий вертолётов и городского аэротакси. Города США становятся «полигонами» для внедрения беспилотных летающих такси¹⁵. Подобные проекты разрабатываются и в ряде европейских стран.

В российском законодательстве прежде всего следует закрепить применение беспилотных транспортных средств с высокой степенью автоматизации при движении автомобилей по дорогам общего пользования на

¹² Беспилотные такси появятся в Москве, Сочи и Татарстане. [Электронный ресурс]: <https://rg.ru/2021...reg...taksi-roiaviatsia-v...tatarstane.html>. Доступ 12.01.2022.

¹³ Беспилотник на дорогах Сколково. [Электронный ресурс]: <https://taxi.yandex.ru/blog/bespilotnik-v-skolkovo/>. Доступ 12.01.2022.

¹⁴ В Пекине запущена полностью автоматизированная линия метро без водителя. Об этом сообщает «Рамблер». [Электронный ресурс]: https://news.rambler.ru/moscow_city/43385177/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink. Доступ 12.01.2022.

¹⁵ В США построят вокзал для авиатакси. [Электронный ресурс]: <https://www.gazeta.ru/tech/2020/11/12/13358161/aerotaxi.shtml>. Доступ 12.01.2022.



Рис. 4. Автобус, движущийся в общем потоке над легковыми автомобилями. [Электронный ресурс]: <https://www.kommersant.ru/gallery/3054311#id1307215>. Доступ 12.01.2022.

основе паспорта национального проекта «Безопасные качественные дороги». Предполагается, что движение беспилотных автомобилей будет обеспечено на 55 участках дорог страны к концу 2024 года (рис. 3).

В городе будущего «THE LINE» проекта Неом в Саудовской Аравии запроектировано шоссе для беспилотных автомобилей. Город должен быть построен к 2025 году [3].

Расширились эксперименты по применению водорода на транспортных средствах. В Великобритании в 2005 г. создан бесшумный мотоцикл на водородном топливе, получивший название «Транспортное средство с нейтральным выхлопом»¹⁶.

В г. Тарту (Эстония) работает городской беспилотный автобус на водородном топливе [5].

Автозавод «КамАЗ» ведёт разработки автобусов, а завод «ГАЗ» – грузовиков на водородном топливе. Отечественный электроавтомобиль 5G «Кама-1» на водороде – обладатель премии «Технологический прорыв» 2020 года¹⁷.

Для реализации идеи обгона на дороге легковых автомобилей, движущихся с разной скоростью, для возможности объехать пробку Китай разрабатывает автобус Airbus, движу-

щийся над автомобилями (рис. 4). Он будет передвигаться по городу со скоростью до 60 км/ч, перевозить до 1400 человек, что может заменить 40 обычных автобусов, сэкономить 800 тонн топлива и сократить выбросы углекислого газа на 2480 тонн в год¹⁸.

Видео и фотографии этого необычного автобуса были опубликованы ведущими мировыми СМИ. Построен единственный экземпляр, прошедший эксперимент удачно, однако пока нет информации о дальнейшем развитии проекта.

Японские проектировщики для решения подобной проблемы в конструкции автомобиля предлагают сделать изменяющуюся высоту переднего и заднего мостов, поднимающихся выше идущего впереди автомобиля.

Дальнейшее увеличение количества дорог в городах и многоярусных пересечений на них приводит к уменьшению территории использования земель для других нужд города. Эта проблема настоятельно потребовала появления новых видов транспортных технологий с ограниченной опорой на землю или применимых в тоннелях.

Первый метрополитен, как сказано ранее, был пущен в Лондоне (Англия) в 1863 году. Затем метрополитен стал главным видом транспорта в мегаполисах. Сегодня на его основе строят городские транспортные системы типа московского центрального кольца (МЦК) для связи, прежде всего, со станциями

¹⁶ Одноместный трек-кар ВАС Моно получит версию на водороде. Экспериментальный автомобиль по эмоциям не уступит обычному Моно с бензиновым ДВС. [Электронный ресурс]: <https://motor.ru/news/odnomestnyi-trek-kar-bac-mono...na...270...> Доступ 12.01.2022.

¹⁷ Первый водородный электробус от «КамАЗа». [Электронный ресурс]: https://kamaz.ru/press/releases/pervyy_vodorobus...kamaza/ (<https://motor.ru/news/kamaz-hydrogen-bus-07-09-2021.htm>). Доступ 12.01.2022.

¹⁸ В Китае запустили автобус-тоннель, который едет по дороге над автомобилями и не боится пробок. [Электронный ресурс]: <https://novate.ru/blogs/290716/37401/>. Доступ 24.01.2022.



а)



б)



Рис. 5а и 5б. Монорельс в г. Вупперталь (Германия). [Электронный ресурс]: <https://schwebebahn.de/en/mediathek>. Доступ 12.01.2022.



Рис. 6. Монорельс в г. Чунцин (Китай). [Электронный ресурс]: <https://novate.ru/blogs/210317/40563/>. Доступ 12.01.2022.

- Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 1 (98). С. 36–49

Троицкая Н. А. Инновационный подход к созданию новых видов городского пассажирского транспорта



Рис. 7. Система Transrapid: аэропорт Пудун – станция метро Лунъян в г. Шанхай (Китай). [Электронный ресурс]: https://transport.mos.ru/mostrans/all_news/21786 со ссылкой на источник фото: media.thyssenkrupp.com. Доступ 12.01.2022.

метрополитена, аэропортами и вокзалами, т.е. создают единую транспортную городскую систему.

Транспортные системы с опорой, встроенной в землю, – это монорельсовый внеуличный транспорт. В Германии (г. Вупперталь) построили первую городскую монорельсовую дорогу в 1901 году, которая эксплуатируется до сих пор с высокой степенью безопасности движения – одно ДТП за всё время эксплуатации. Максимальная скорость 60 км/ч, расстояние между станциями 780 м (Рис. 5а и 5б).

В г. Ньюарк под Нью-Йорком (США) монорельс длиной 4,8 км связывает аэропорт, автобусную и железнодорожную станции и парковки.

В Москве в 2004 году была построена на эстакаде монорельсовая транспортная система длиной 4,7 км с шестью станциями. Однако выбор района для размещения этой системы показал её экономическую неэффективность из-за недостаточного пассажиропотока, что привело к частичной замене на трамвайное движение¹⁹.

До 1950 года монорельс не имел широкого распространения, но в последние годы в странах Азии стали широко его применять из-за отсутствия лишней территории в старых застроенных городах. Так в г. Чунцин (Китай) с 2005 года работает монорельс длиной 13,5 км, линия которого проходит через жилой дом (рис. 6)²⁰.

¹⁹ Трамвайные пути частично заменяют Московский монорельс. [Электронный ресурс]: <https://stroimsk.ru/news/tramvaynye-puti-chastichno-zameniat-moskovskii-monorel-s/?from=cl>. Доступ 21.01.2022.

²⁰ В китайском мегаполисе железную дорогу проложили прямо сквозь жилой дом. [Электронный ресурс]: <https://novate.ru/blogs/210317/40563>. Доступ 21.01.2022.

В Японии общая протяжённость монорельсовых дорог в восьми городах составляет 102 км. В г. Осака самая протяжённая дорога – 23,8 км. В 2003 г. в Куала-Лумпуре (Малайзия) открыли монорельс длиной 8,6 км, в г. Джакарта (Индонезия) длина монорельса составляет 27 км.

Основной недостаток монорельса – это его шумность. В 1979 году на международной выставке в г. Гамбург (Германия) был продемонстрирован монорельс, работающий по принципу электромагнитного подвешивания с линейным электрическим приводом, который работал практически бесшумно²¹.

В сверхскоростной системе Transrapid на магнитной подвеске транспортные средства парят над рельсовой направляющей без трения, используя притягивающую магнитную силу. За 14 часов работы система перевозила 7500 человек, железная дорога при максимальной вместимости поезда – 440 чел.²²

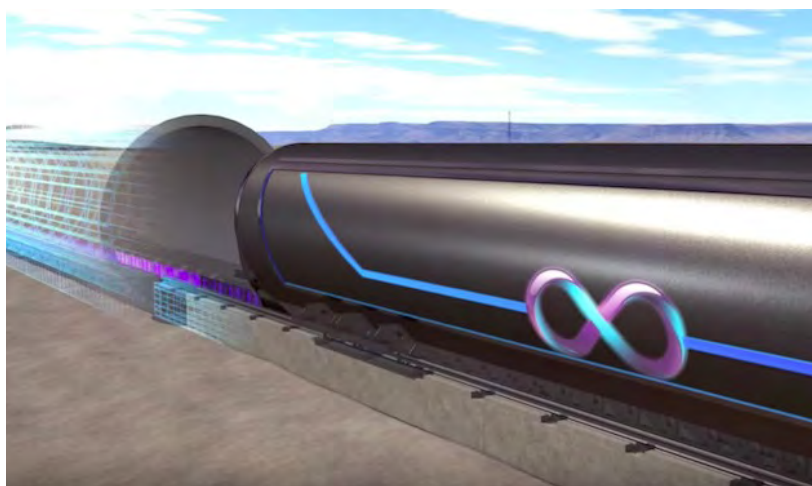
В этом соревновании Transrapid в первую очередь конкурировал с InterCityExpress (ICE), т.е. высокоскоростной железнодорожной системой. Проблема заключалась в том, что в Германии и ряде других европейских стран к тому времени имелась развитая единая сеть высокоскоростных железных дорог.

Transrapid используется на сегодняшний день в Китае. В настоящее время

²¹ Transrapid design history. [Электронный ресурс]: <https://www.maglev.net/transrapid-design-history>. Доступ 21.01.2022.

²² «Transrapid 05», первый «летающий» над рельсами. [Электронный ресурс]: <https://zen.yandex.ru/media/incrediblmech/transrapid-05-pervyi-letiascii-nad-relsami-5c1272477c9de200aac7a62a>. Доступ 21.01.2022.





а) труба и пассажирская капсула (разрез). [Электронный ресурс]: <https://hi-news.ru/technology/kak-rabotaet-hyperloop.html>. Доступ 12.01.2022.



б) прозрачная труба для города. [Электронный ресурс]: <https://telecomdaily.ru/news/2019/08/19/vse-cto-nuzhno-znat-o-hyperloop>. Доступ 12.01.2022.

Рис. 8. Пассажирская капсула в трубе.

самой быстрой электромагнитной дорогой в мире является трасса между аэропортом Пудун и станцией метро Лунъян в Шанхае (КНР). Длина линии составляет около 30 километров, которую поезд проезжает за 7,5 минут на скорости около 430 км/ч. (рис. 7)²³.

Исследованиями установлено, что система на магнитном подвесе позволяет достичь скорости городского общественного транспорта, в 2,5–4 раза превышающей скорость трамвая или троллейбуса и в 2–2,5 раза ско-

рость метро. При этом потребляемая энергия на один км пути наземного электротранспорта на 20–25 % ниже, а в случае метро – меньше в три раза.

Разработкой подобных систем занимаются компании ряда стран, в частности швейцарская фирма SwissRapide AG и др.

Следует напомнить и предшествующий, хотя в целом неудачный, опыт создания монорельсовых систем с использованием принципов воздушной подушки. Такой опыт был предпринят французскими специалистами в рамках проекта «AéroTrain». В качестве рельса они решили применить железобетонную балку в виде опрокинутой буквы «Т», уста-

²³ Transrapid Maglev Shanghai. [Электронный ресурс]: <https://www.maglevboard.net/en/facts/26-transrapid-maglev-shanghai>. Доступ 21.01.2022.



Рис. 9. Первыми пассажирами Hyperloop Virgin стали технический директор компании Джош Гигель и руководитель отдела обслуживания пассажиров Сара Лучиан. [Электронный ресурс]: <https://www.virgin.com/about/latest/passengers-travel-safely-on-a-hyperloop-for-the-first-time>. Доступ 12.01.2022.

новленную на опоры. Под днище вагона, опирающегося на балку, нагнетается воздух, что создаёт своеобразную «воздушную смазку», обеспечивающую лёгкое перемещение вагона. Вагоны оборудовались различными видами тяги (газотурбинными, авиационными реактивными, линейными электродвигателями). Была достигнута максимальная скорость в 430,4 км/ч [7]²⁴.

В Японии с 1972 года разрабатывается технология HSST на основе линейного двигателя, с 2005 года действует единственная в стране коммерческая линия Маглев «Линимо», связывающая станцию метро Фудзигаока со станцией Якуса кольцевой железнодорожной линии Айти, протяжённостью 8,9 км²⁵.

Строительство и расширение систем метрополитена и высокоскоростных городских железных дорог требует значительных материальных затрат, поэтому в настоящее время возобновился интерес к предложениям новых экологически чистых транспортных систем.

К новым видам транспорта относятся вакуумные поезда Hyperloop, разработанные в США Илоном Маском (рис. 8).

Идея поезда, движущегося в трубе с разреженным воздухом, не нова и возникла в начале XX века. Это технологии подъёма капсулы с помощью магнитного поля, т. е. магнитной левитации или магнитной подвески (maglev).

В 2013 году в США представили систему «Hyperloop» как транспорт будущего. Капсулы-беспилотники (прототип вагона) помещают в транспортный тоннель с выкаченным оттуда воздухом и стремятся разогнать их до максимально возможной скорости. Новое транспортное средство, как заявлялось, в том числе и в СМИ, будет в два раза быстрее и в десять раз безопаснее самолётов, экономичнее в эксплуатации, чем аналоги²⁶.

Проект вакуумной транспортной сети «Hyperloop» основан на том же принципе, что и пневматическая почта. По трубам из специального материала, способного выдержать низкое давление и свести к минимуму турбулентность при увеличении скорости, капсула с пассажирами с большим ускорением «выталкивается» в трубу, где продолжает движение за счёт потоков воздуха и специальных магнитов, направляющих капсулу.

²⁴ См., напр.: Transport that never was. [Электронный ресурс]: <https://fabricofparis.com/2020/02/18/transport-that-never-was-aerotrains.html>; Vereycken, K. Aérotrain, high speed rail and nuclear technology: the lessons of Jean Bertin. [Электронный ресурс]: https://solidariteetprogres.fr/IMG/pdf/karelvreycken.fr-aerotrains_high_speed_rail_and_nuclear_technology_the_lessons_of_jean_bertin.pdf. Дата доступа 21.01.2022.

²⁵ Сайты Chubu HSST Development Corporation and Linimo. [Electronic resources]: http://hsst.jp/linimo_e.htm; <https://www.linimo.jp/language/en/>. Доступ 21.01.2022.

²⁶ См., напр.: Hyperloop Alpha [Электронный ресурс]: https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_images/hyperloop-alpha.pdf; Hyperloop versus airplanes: What's safer? [Электронный ресурс]: <https://www.cnn.com/2017/05/02/hyperloop-versus-airplanes-whats-safer.html>; Hyperloop: Faster than a plane, cheaper than a train and completely green! [Электронный ресурс]: <https://www.indiatoday.in/world/story/hyperloop-elon-musk-tesla-motors-pay-pal-founder-new-transport-system-173603-2013-08-11>. Доступ 21.01.2022.





Рис. 10. Система skyTran.

Создателями предложено не стремиться к высокому вакууму в трубе, а ограничиться так называемым форвакуумом, который можно создать с помощью сравнительно недорогих насосов, а оставшийся в трубе воздух использовать для создания воздушной подушки под движущейся капсулой.

Капсула приводится в движение линейным электродвигателем, статором служит рельс длиной 15 м на полу трубы. Ротор находится в каждой капсуле. Так как статор выполняет не только ускорение, но и торможение, в последнем случае кинетическая энергия преобразуется в электрическую, что даёт общую экономию электроэнергии.

В 2020 г. компания Virgin Hyperloop впервые провела испытания своего поезда с пассажирами на полигоне DevLoop около Лас-Вегаса со скоростью до 160 км/ч. 500-метровое расстояние было преодолено за 15 сек (Рис. 9). Максимальная скорость, которую по расчётам создателей будет развивать Hyperloop в будущем, – 1223 км/ч.

Этот вид транспорта предложен ряду стран. В числе возможных маршрутов рассматривается трасса Тель-Авив–Эйлат (расстояние 350 км). Проект может быть реализован к 2025 г. По расчётам строительство этой трассы будет в три раза дешевле строительства обычной скоростной железнодорожной магистрали. На линии Hyperloop One планируют несколько промежуточных станций. Время в пути сократится с 4–6 часов до 20 минут²⁷.

Внедряется ещё одна принципиально новая система – skyTran – общественного

пассажирского транспорта на магнитной подушке, разработанная, в том числе, для борьбы с городскими пробками. Система работает на электричестве, экологически чистая, дешёвая, бесшумная, быстрая и комфортабельная. В дальнейшем возможно применение солнечной энергии. Новая система разработана американской skyTran, являющейся в настоящее время компанией-партнёром НАСА (NASA Space Act company) (рис. 10)²⁸.

Эта система представляет собой концепцию в рамках общего подхода к Personal Rapid Transit, впервые предложенную аэрокосмическим инженером Д. Малевички в 1990 г. Капсулы skyTran перемещаются на высоте шести метров над уровнем земли и могут разгоняться до 240 км/ч.

По заявлениям компании, она заключила контракт с Israel Aerospace Industries на строительство испытательного трека с надземной петлей длиной 400–500 метров. Планируется строить коммерческую сеть skyTran в ряде городов Израиля, а также надземную железнодорожную систему для обслуживания аэропорта Рамон²⁹.

Правительство Дубая представило футуристическую транспортную систему SkyPod, которая позволит снизить расходы на энергообеспечение и потребует меньших затрат на инфраструктуру. В 2019 года skyTran и Управ-

²⁷ Из Тель-Авива в Эйлат за 20 минут скоро это станет реальностью. [Электронный ресурс]: <https://isralove.org/load/16-1-0-1525>. Доступ 21.01.2022.

²⁸ Сайты НАСА и skyTran. [Электронный ресурс]: <https://www.nasa.gov/centers/ames/researchpark/partners/industry/skytran>; <https://skytran.com/>. Доступ 21.01.2022.

²⁹ В Израиле запустят индивидуальный маглев-транспорт SkyTran. [Электронный ресурс]: <http://gsmavto.com/v-izraile-zapustyat-individualnyj-maglev-transport-skytran/>. Доступ 21.01.2022.



Рис. 11. Пассажирский вагон системы А. Э. Юницкого SkyWay [Средство транспортное Юникар U4-431. Руководство по эксплуатации. – Минск: ЗАО «Струнные технологии», 2018. – С. 220].

ление дорог и транспорта г. Дубая (ОАЭ) начали разработку системы транзита SkyPod³⁰.

Также подписан меморандум о взаимопонимании с компанией Mirel (ОАЭ) для изучения и реализации проекта систем личного скоростного транспорта на острове Яс³¹.

В целом, желание иметь личное комфортное пространство при поездках приводит к поиску новых вариантов транспорта общего пользования, которые предоставляют услуги конкретному человеку. В мире продолжают поиски личного скоростного транспорта – Personal Rapid Transit (PRT), представляющего собой вид общественного транспорта, в котором используются небольшие автоматизированные транспортные средства, работающие на сети специально построенных путей. PRT – это тип автоматизированного проезда по направляющим. Транспортные средства PRT рассчитаны на индивидуальные поездки или поездки в небольших группах не более трёх–шести пассажиров. Направляющие расположены в сетевой городской топографии, при этом все станции расположены на разъездах и с частыми точками слияния/расхождения. Это позволяет совершать беспосадочные поездки от пункта к пункту, минуя промежуточные станции. Услугу «точка–точка» сравнивают с такси.

³⁰ Dubai's RTA and SkyTran sign MoU to introduce driverless sky pods. [Электронный ресурс]: <https://www.roadtraffic-technology.com/news/sky-pods-dubais-rt-skytran/>. Доступ 21.01.2022.

³¹ Yas Island to use skyTran transportation technology. [Электронный ресурс]: <https://businesschief.eu/technology/yas-island-use-skytran-transportation-technology>. Доступ 21.01.2022.

Было предложено множество систем PRT, но большинство из них пока не реализовано. В числе примеров успешных проектов PRT – функционирующие сегодня системы в университете Западной Виргинии в Моргантауне (США, с 1975 года), в Институте Масдара Университета Халифа в Масдар-Сити (Абу-Даби, ОАЭ, с 2010 года), в лондонском аэропорту Хитроу (Ultra Global PRT, с 2011 года)³².

В Беларуси предложена конструкция высокоскоростной струнной транспортной системы на опорах для городского пассажирского, грузового и междугороднего транспорта, продвигаемая А. Э. Юницким [8–10]. Это струнная транспортная система SkyWay.

В струнном транспорте SkyWay беспилотные навесные или подвесные высокоскоростные электромобили-модули различной пассажировместимости со стальными колёсами диаметром 50–70 см должны перемещаться по неразрезной предварительно напряжённой растяжением рельсо-струнной эстакаде (рис. 11).

Система планируется состоящей из опор и двух токонесущих рельсов-струн, изолированных друг от друга, по которым движутся вагоны. Анкерные опоры проектируются с интервалом 500–2000 м, а промежуточные с интервалом от 20 до 100 м. Опоры устанавли-

³² Сайт West Virginia University PRT. [Электронный ресурс]: <https://prt.wvu.edu/home>; сайт Masdar. Mubadala Investment Company. Mobility. [Электронный ресурс]: <https://masdar.ae/Masdar-City/the-city/Mobility>; сайт Ultra Global PRT website. [Электронный ресурс]: <https://www.ultraglobalprt.com/wheres-it-used/heathrow-t5/>. Доступ 21.01.2022.



ливаются на любом рельефе местности, а их высота определяется рельефом местности и высотой объектов, над которыми проходит трасса кольцевой формы.

Бесстыковая рельсо-струна, по замыслу авторов, представляет собой жёсткую нить, образованную пустотелым рельсом, внутри которого размещены стальные канаты, натянутые с усилием в 2500 кН. Провесы рельсовой нити в пролётах до 100 м длиной составляют не более 10 см. Скорость движения до 300 км/ч и выше при автоматической регулировке движения. Пассажирские станции для входа-выхода пассажиров располагают по кольцу [9; 10].

Перемещение транспортных артерий под землю в настоящее время связано с проблемой занятости городской земли инженерными сооружениями и повышенным уровнем автомобилизации. Транспортные системы могут занимать в городах до 30 % территории, а центральных частях города до 70 %.

Перевод движения в тоннели даёт неплохие результаты. Вехой в истории остаётся проект BigDig («Большая траншея») в Бостоне (США), представляющий собой сеть инженерных сооружений, включая протяжённые автотранспортные тоннели [5; 11]. Проект заключался в замене эстакады тоннелем. После окончания строительства надземная трасса была снесена, на её месте создали более 45 парков и городских площадей. Благодаря данному проекту была улучшена экологическая обстановка: общегородской уровень угарного газа снизился на 12 %.

Эта идея в настоящее время заинтересовала и Илона Маска, который пропагандирует инновационные виды городского транспорта, размещаемые в будущем в подземных многоруслых тоннелях.

Проект для городских перевозок И. Маска развивает скоростные технологии для передвижения под землёй автомобилей со скоростью примерно 200 км/ч. Автомобили устанавливают на специальные платформы и спускают под землю (на электротяге). Сеть подобных тоннелей, по мнению авторов проекта, может избавить город от пробок.

Проект линейного города без использования жителями автомобилей на поверхности, в котором «всю инфраструктуру спрячут под землёй, где сделают транспортный уровень,

на котором будет курсировать высокоскоростной транспорт, управляемый искусственным интеллектом (ИИ)», разрабатывают в Саудовской Аравии^{33, 34, 35}.

Обсуждалось строительство высокоскоростной подземной дороги из международного аэропорта О'Хара (79,81 млн пассажиров в год) до г. Чикаго (США) длиной 27 км, где будут использоваться беспилотные одиночные вагоны на 16 человек, движущиеся со скоростью 160 км/ч и отправляющиеся каждые полминуты. Время проезда по маршруту 12 минут³⁶.

Компания «ABB Daimler Benz Transportation» по инициативе московского правительства разработала проект строительства высокоскоростной пассажирской транспортной системы «Трансрапид» для сообщений между терминалами аэропорта Шереметьево и бизнес-центром «Москва-Сити»³⁷.

Оригинальные идеи заключает в себе другой проект – гиропоезда Dahir Insaat, передвигающегося над городским транспортным потоком с помощью гироскопа³⁸.

Гирокары Dahir Insaat планируется оснастить гироскопами, которые поддерживают баланс благодаря маховику и скользят по рельсу, находясь над обычными автомобилями и пешеходами на высоте нескольких метров. Такой рельс должен размещаться на разделительной полосе между рядами машин.

³³ В Саудовской Аравии появится линейный город без машин. [Электронный ресурс]: <https://rg.ru/2021/01/14/v-saudovskoj-aravii-poiavitsia-lineinyj-gorod-bez-mashin.html>. Доступ 03.02.2022.

³⁴ Саудовская Аравия делает ставку на город будущего. [Электронный ресурс]: <https://www.kommersant.ru/doc/4652223>. Доступ 03.02.2022.

³⁵ В Саудовской Аравии построят город-миллионник без машин. На постройку «города будущего» потратят до 200 миллиардов долларов. [Электронный ресурс]: <https://motor.ru/news/saudi-arabia-the-line-11-01-2021.html>. Доступ 03.02.2022.

³⁶ До аэропорта Чикаго построят высокоскоростную подземную железную дорогу. [Электронный ресурс]: <https://tourism.interfax.ru/ru/news/articles/49931>. Доступ 21.01.2022.

³⁷ Постановление от 2 июня 1998 г. № 439-ПП О концепции строительства скоростной транспортной системы между Московским международным деловым центром «Москва-Сити» и аэровокзальным комплексом «Шереметьево». [Электронный ресурс]: <https://mos.ru/authority/documents/doc/27166220/>. Доступ 21.01.2022.

³⁸ Гироско́п (от др.-греч. γῑρος «круг» + σκόλεо «смотрю») – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчёта. Термин впервые введён Ж. Фуко в 1852 году.

Высота рельса от уровня дороги составляет всего два сантиметра, и он не создаёт помех автомобильному движению. В результате загруженные мегаполисы могут получить крупное транспортное средство, способное передвигаться над городскими дорогами, используя только разделительную полосу между рядами³⁹.

Наметился совершенно новый подход к созданию транспортных средств для перевозки пассажиров, ориентированный на гибридные транспортные средства. В настоящее время во многих странах идут попытки создать «идеальный гибрид», в котором достоинства каждого вида транспорта должны заменить его недостатки.

И в целом, в числе футуристических трендов есть много так или иначе относящихся к транспорту⁴⁰.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённого исследования и аналитического обзора отечественного и мирового опыта в области совершенствования существующих и создания инновационных транспортных средств для перевозки пассажиров в городе можно выявить основные тенденции в рассматриваемой области.

Это, прежде всего, переход на возобновляемые источники энергии, улучшающие экологию; развитие высокоскоростных систем для уменьшения времени поездки пассажиров; строительство тоннелей, сокращающих занятость площадей города; внедрение беспилотников, уменьшающих количество ДТП; распространение велосипедов как возможности уменьшения гиподинамии городских жителей и ряд других.

³⁹ Транспорт будущего: россиянин придумал, как избавить мир от пробок. [Электронный ресурс]: https://news.rambler.ru/other/38274456/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink. Доступ 21.01.2022.

⁴⁰ РБК Тренды. Футурология. [Электронный ресурс]: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5f6859dc9a794726131>. Доступ 03.02.2022.

Дальнейшее развитие транспортной инфраструктуры особенно крупных городов и мегаполисов различных стран мира должно учитывать имеющиеся научные наработки и опыт их применения в проблемах города и пути выхода из этих проблем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Троицкая Н. А., Круглова А. А., Мороз Д. Г. Начало развития транспорта общего пользования, или История развития таксомоторных перевозок // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2018. – № 12. – С. 20–30. [Электронный ресурс]: <https://panor.ru/articles/nachalo-razvitiya-transporta-obshchego-polzovaniya-ili-istoriya-razvitiya-taksomotornykh-perevozok/18054.html>. Доступ 03.02.2022.

2. Материалы VI глобальной недели безопасности дорожного движения под эгидой ООН // Автомобильные дороги. – 2021. – № 6. – С. 62–63.

3. Троицкая Н. А. Инновационный подход к транспортному обеспечению городов будущего // Вестник МАДИ. – 2021. – № 4. – С. 91–98. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47520995>. Доступ 03.02.2022.

4. Вучик В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. – М.: Территория будущего, 2011. – 413 с. ISBN 978-5-91129-058-0. [Электронный ресурс]: <http://amac.md/Biblioteca/data/29/07/14.2.pdf>. Доступ 03.02.2022.

5. Троицкая Н. А. Новые проблемы – новые решения // Автомобильный транспорт. – 2021. – № 6. – С. 46–52.

6. Троицкая Н. А. Эволюция подвижного состава автомобильного транспорта // Автотранспорт. Эксплуатация, обслуживание и ремонт. – 2020. – № 11. – С. 51–60. [Электронный ресурс]: <https://panor.ru/articles/evolyutsiya-podvizhnogo-sostava-avtomobilnogo-transporta/51279.html>. Доступ 03.02.2022; № 12. – С. 67–79. [Электронный ресурс]: <https://panor.ru/articles/evolyutsiya-podvizhnogo-sostava-avtomobilnogo-transporta/53085.html>. Доступ 03.02.2022.

7. Ferreira, H. P., Stephan, R. M. Air Cushion Vehicle (ACV): History Development and Maglev Comparison. Transportation Systems and Technology, 2019, Vol. 5, Iss. 1, pp. 5–25. DOI: doi: 10.17816/transysyst2019515-25.

8. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы на Земле и в космосе: Научная монография. – Минск: Беларуская наука, 2017. – 379 с. ISBN 978-985-08-2162-1.

9. Юницкий А. Э., Цырлин М. И. Экологические аспекты струнного транспорта // Инновационный транспорт INNOTRANS. – 2020. – № 2 (36). – С. 7–9. DOI: 10.20291/2311-164X-2020-2-7-9.

10. Юницкий А. Э., Гарах В. А., Зайцев А. Д., Цырлин М. И. Конструктивные особенности юникара тропического для городских перевозок пассажиров // Инновационный транспорт. – 2021. – № 1 (39). – С. 8–15. DOI: 10.20291/2311-164X-2021-1-8-15.

11. Тимофеева М. А., Романевич К. В., Поцешковская И. В. Тенденции освоения подземного пространства городов в связи с растущей автомобилизацией // Метро и тоннели. – 2021. – № 2. – С. 38–42. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45798582>. Доступ 03.02.2022. ●

Информация об авторе:

Троицкая Наталья Александровна – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, tronat@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022, актуализирована 03.02.2022, одобрена после рецензирования 15.02.2022, принята к публикации 25.02.2022.

