

Троллейбус, автобус или электробус?



А. В. Колин,
начальник Центра
независимых комплексных
транспортных исследований
Российского универ-
ситета транспорта
(МИИТ)

Российские города испытывают колоссальную перегрузку транспортных систем. Оптимальным решением проблемы является развитие наиболее эффективного вида общественного транспорта. Предлагаем развернутый сравнительный анализ преимуществ и недостатков автобуса, троллейбуса и электробуса.

Мода на троллейбус прошла?

В России троллейбус — широко распространенный вид транспорта. Он работает в 87 городах, в то время как трамвай — в 65 [1].

В 2015 г. троллейбусами было перевезено 1,8 млрд пассажиров, что составляет 9 % общего количества пассажиров общественного транспорта. Протяженность троллейбусных линий в городах нашей страны составляет около 4,36 тыс. км, или 20 % общей протяженности троллейбусных линий мира [2, 3].

Не секрет, что на протяжении первого десятилетия XXI века городской электротранспорт в России переживал серьезный кризис: объемы перевозок неуклонно уменьшались, износ основных фондов усиливался, скорость сообщения снижалась, протяженность эксплуатируемых трамвайных и троллейбусных

линий сокращалась. Первыми серьезно пострадали трамвайные хозяйства. В 2001 г. прекратилась эксплуатация трамвая в Шахтах, в 2004 — в Архангельске, в 2007 — в Астрахани, в 2008 — в Иваново, в 2009 — в Воронеже, в 2010 — в Рязани, в 2015 г. — в Дзержинске. Поначалу во многих городах при закрытии трамвайных линий предпочтение отдавалось троллейбусу — виду транспорта, в меньшей степени отчуждающему проезжую часть. Трамвайные маршруты частично заменялись троллейбусными в Иваново, Дзержинске, Новокузнецке, Липецке. Для этого вдоль разбираемых трамвайных линий строились троллейбусные.

Однако сокращения затронули и троллейбусные хозяйства. В 2000–2010 гг. в Ростове-на-Дону, Воронеже, Вологде, Владивостоке более чем на 50 % сократилась протяженность троллейбусных



ФОТО: СЕРГЕЙ ТЮРИН

линий (законсервированы и демонтированы). Троллейбусное движение закрыто в Шахтах (2007 г.), Архангельске (2008), Тюмени (2009), Владикавказе (2010), Сызрани (2014), Каменске-Уральском (2015), Кургане (2015), Благовещенске (2016), Астрахани (2017 г.). Во всех случаях перевозки по отмененным троллейбусным маршрутам осваивались частными автобусными перевозчиками, реже муниципальными пассажирскими автотранспортными предприятиями.

Следует отметить, что в городах России (Чебоксарах, Йошкар-Оле, Ижевске, Мурманске, Ленинск-Кузнецком, Рубцовске, Рыбинске, Калуге, Курске, Коврове) по сей день функционируют и весьма сильные троллейбусные хозяйства: отношение годового объема перевозок, осваиваемого троллейбусами, к населению города превышает показатель 0,10 [1]. Это означает, что троллейбусами осваивается 25–40 % и более от общего объема перевозок, совершаемых общественным транспортом.

С мая 2016 г. от троллейбуса постепенно стала отказываться Москва. За последние два года закрыты 42 из 100 троллейбусных маршрутов, три из девяти троллейбусных парков. На линию, вместо 1600 машин выходят 1100. 10 % троллейбусных линий (преимущественно в центре города) демонтировано, 30 % на консервации. Перевозки по отмененным троллейбусным маршрутам осуществляются автобусами муниципального предприятия «Мосгортранс».

В региональных центрах России сокращение троллейбусных перевозок вызвано опережающим развитием частных автобусных перевозок (маршрутных так-

си), дефицитом муниципальных бюджетов и, как следствие, высоким уровнем износа, неспособностью предприятий электротранспорта выживать в условиях жесткой конкуренции с частными автобусными перевозчиками, не обремененными выполнением социальных задач, имеющими ряд налоговых преференций. В Москве причины иные: власти города считают этот вид транспорта морально устаревшим и заявляют, что троллейбусные перевозки будут полностью прекращены в течение семи лет, а среди безрельсовых видов общественного транспорта предпочтение будет отдано электробусу.

В прессе появился ряд статей с мнениями транспортных экспертов и специалистов, оправдывающих это решение. «Вопрос троллейбуса не имеет отношения ни к политике, ни к чьим-то вкусам, — считает директор Института экономики транспорта и транспортной политики Михаил Блинкин. — Есть две большие линии, по которым развивается общественный наземный транспорт городов мира: рельсы и колеса. По первой линии мы преуспели — здесь идет мощное развитие, достаточно вспомнить трамвай. Если говорить о второй группе, то у нас самый молодой парк автобусов в Европе. Но троллейбусы — уходящий вид» [4].

«Сейчас троллейбус — тот транспорт, которым никто не занимался: обновлений не было ни в подвижном составе, ни в инфраструктуре. Уровень сервиса, который он предоставляет, очень скромный, — рассказывает Александр Чекмарев (в 2017 г. представитель организации «Пробок Нет»). — По сравнению с другим столичным транспортом он выглядит изгоем.

В прошлом году троллейбус, привязанный к проводам, не смог маневрировать в условиях ремонта по программе «Моя улица». Автобус не сильно отличается габаритами, но имеет больше свободы» [4].

На троллейбус, служащий Москве с 1933 г., посыпались обвинения в малой мобильности, медлительности, неуклюжести, в создании троллейбусными проводами «видового шума». Экологическую безопасность этого вида транспорта называют мифом. По мнению некоторых специалистов, в частности генерального директора ГУП «Мосгортранс» до 2017 г. Е. Ф. Михайлова, эмиссия в атмосферу от ТЭЦ, генерирующих для него энергию, выше, чем от автобусов [4]. Михаил Блинкин считает, что троллейбус в транспортном потоке вызывает дополнительные перестроения и торможения — разгоны, при этом увеличивается выхлоп от автомобилей. Более того, троллейбус обвиняется даже в несвоевременном обновлении инфраструктуры и подвижного состава. Стоит отметить, что вопреки общепринятому мнению об уязвимости электротранспорта в кризисные периоды именно он в такие моменты оказывается наиболее работоспособным. В Москве троллейбус продолжал работу во время Великой Отечественной войны, осуществляя перевозки трудящихся тыла, когда автобусные машины были отправлены на фронт. В 90-е годы именно троллейбус наряду с трамваем показал наибольшую «живучесть», так как не зависел от поставок импортных запасных частей и топлива.

В табл. 1 представлены преимущества и недостатки автобуса, троллейбуса, электробуса [7].

Таблица 1. Преимущества и недостатки автобуса, троллейбуса, электробуса

№ п/п	Характеристика	Автобус	Троллейбус	Электробус
1	Маневренность	Высокая	Умеренная	Высокая
2	Препятствия для поддержания установленной на уличной магистрали скорости движения	Нет	Есть при проследовании низкоскоростных стрелок, спецчастей контактной сети	Нет
3	Возможность объезжать внезапно появившиеся препятствия	Есть	Есть при возможности автономного хода	Есть
4	Экологическая безопасность	Низкая	Высокая	Умеренная
5	Шумность	Высокая	Низкая	Умеренная, при неработающих дизельных источниках низкая
6	Вибрация	Высокая	Низкая	Умеренная, при неработающих дизельных источниках низкая
7	Видовое загрязнение	Нет	Есть, если не используется автономный ход	Нет
8	Производительность	Высокая	Высокая	Умеренная (снижается вследствие необходимости подзарядки)

Таблица 2. Эффективность автобуса, троллейбуса и электробуса большой вместимости [6–8]

№ п/п	Характеристика	Автобус	Троллейбус	Электробус
1	Максимальная провозная способность на выделенной полосе, тыс. пасс. в час	6	6	6
2	Масса кузова без оборудования, т	7	7	7
3	Масса оборудования, т	4	3	5,5
4	Мощность двигателя, кВт	180	170	170
5	Средний расход энергии, Вт·ч/км	1,75	1,5	1,7–2,5
6	КПД (для троллейбуса с учетом КПД тепловой электростанции и системы электропитания, для электробуса с учетом КПД электростанции и зарядной станции)	0,25	0,36x0,90x0,90=0,292	0,36x0,75x0,75=0,202

Привязка троллейбуса к контактной сети — недостаток или преимущество?

Итак, основные претензии к троллейбусу состоят в его привязке к контактной сети. Считается, что это резко снижает его маневренность и портит городские пейзажи.

Большинство специалистов в современных условиях не рассматривают автобусы, троллейбусы и электробусы как различные виды транспорта. Действительно, автобусные, троллейбусные и электробусные транспортные средства эксплуатируются в сходных условиях (используют совмещенное или выделенное безрельсовое дорожное полотно) и полностью подчиняются правилам дорожного движения. (В отличие, скажем, от трамвая, для которого может быть предусмотрен и внеуличный принцип движения.) Автобусы, троллейбусы, электробусы имеют сходные характеристики по вместимости, допустимому интервалу движения на выделенной полосе, скорости движения, а значит, обеспечивают примерно одинаковую провозную способность: 6000 пассажиров в час (табл. 2). Другими словами, троллейбус — это тот же автобус, только использующий электрическую тягу и контактный способ передачи электроэнергии (через контактную сеть).

Таким образом, спор идет не о сохранении привычного вида транспорта, а о том, какую тягу, электрическую или автономную на базе двигателя внутреннего сгорания, использовать в условиях интенсивного городского движения и как при электрической тяге передавать электроэнергию на подвижной состав.

Преимущества электрической тяги для эксплуатационников и пассажиров очевидны. Электрические двигатели при той же мощности занимают меньше места, имеют втрое больший КПД, не создают вибрации, не повышают температуру окру-

жающей среды и не генерируют эмиссию вредных веществ. В современных асинхронных электродвигателях практически нет трущихся деталей, поэтому ресурс двигателя намного превышает даже ресурс кузова транспортного средства и может исчисляться несколькими десятками лет. В то же время в дизельных двигателях во время работы температура повышается до 10 000 °С, т. е. необходима система охлаждения, много трущихся деталей, цилиндры дизелей нужно периодически прочищать. Транспортное средство с двигателем внутреннего сгорания менее пригодно для ремонта и более уязвимо в эксплуатации. Особенно сложной становится эксплуатация в условиях низкой температуры, когда двигатели перед началом работы необходимо разогревать.

По этой причине электрическая тяга получила широкое распространение на железнодорожном транспорте. На локомотивах при больших объемах перевозок не выгодно возить с собой «электростанцию» (первичный двигатель, преобразующий химическую энергию топлива сначала в тепловую, а потом в механическую). Куда проще получать готовую энергию от стационарных источников генерации с высоким КПД. При этом передаваемая на подвижной состав мощность фактически не ограничена его габаритами.

Троллейбус гораздо легче и быстрее берет крутые подъемы. В отсутствие вибрации троллейбусные кузова служат гораздо дольше и дольше сохраняют свой первоначальный вид. Автобус хорош, когда он новый. Через три-четыре года после начала эксплуатации самый «тихий» и «бесшумный» автобус начинает шуметь, а его двигатель необходимо менять.

При электрической тяге во время стоянок нет холостого хода: не расходуется энергия и не выделяется дополнительная эмиссия от питающей электростанции. При движении по спускам и при тормо-

жении есть возможность лишнюю кинетическую энергию преобразовывать в электрическую и возвращать в контактную сеть.

Для пассажиров преимущества транспортного средства выражаются в отсутствии вибрации и пониженном уровне шума, нет выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Передавать электроэнергию на подвижной состав можно дискретно (в специальные емкости на подвижном составе — аккумуляторы, суперконденсаторы и т. д.) или непрерывно, через контактную сеть. Попытки применять первый способ начались при появлении электротяги. Однако перевозка дополнительных емкостей значительно утяжеляет подвижной состав, одновременно увеличивая сопротивление движению, и снижает его производительность. Даже на современных электробусах (транспортное средство с электродвигателем, энергия для которого поставляется от емкостей на подвижном составе) масса суперконденсаторов приближается к одной тонне. Продолжительность зарядки на конечной станции составляет около одной минуты на каждый последующий километр пробега. Иными словами, для обслуживания маршрута электробусами по сравнению с троллейбусами потребуется примерно на 30 % большее количество машин и водителей, причем стоимость этих транспортных единиц гораздо больше, да и содержание дорожке.

Поэтому приоритет был отдан способу непрерывной передачи электроэнергии. Аккумуляторные транспортные средства не получили распространения ни на одном магистральном виде транспорта. Высокая стоимость контактной сети и тяговых подстанций — не более чем миф. Стоимость монтажа одного километра контактной сети (в однопутном исчислении) составляет три-четыре миллиона рублей. Дополнительно нужны средства на

сооружение тяговых подстанций. Вложенные средства окупаются при интенсивном использовании троллейбусных машин, так как они дешевле в эксплуатации на 15–20%. Кроме того, для автобусов в зимних условиях необходимы крытые боксы, троллейбусы могут отставать под открытым небом. Однако стоит отметить, что троллейбусы покажут свою эффективность по сравнению с автобусами только в случае интенсивного движения (ориентировочно 20–30 машин в час и более по линии). В противном случае доля затрат на содержание системы электроснабжения в пересчете на каждую транспортную единицу становится высокой. Вот почему во многих городах России, когда под влиянием развивающихся автомобильных коммерческих перевозчиков троллейбусные хозяйства были вынуждены сокращать выпуск машин и увеличивать интервалы движения, себестоимость перевозок стала расти. Но в Москве с октября 2016 г. действуют равные правила игры для всех перевозчиков. Поэтому появилась возможность построить маршрутную сеть таким образом, чтобы максимально эффективно использовать троллейбусную инфраструктуру, т. е. переводить маршруты, проходящие полностью или большей частью под проводами, на электрическую тягу с контактным способом токоъема (троллейбусы с автономным ходом).

«Медлительность» и низкая маневренность троллейбуса — один из распространенных мифов. Конструкционная скорость эксплуатируемых в России троллейбусов ограничена значением 60 км/ч из соображений максимально допустимой в городе скорости. Троллейбус замедляет свой ход в кривых участках и на стрелках. Необходимые решения давно найдены: использование жестких кривых контактной сети с постоянным радиусом и скоростных стрелок, обеспечивающих возможность прохода со скоростью 40 км/ч. Такие решения реализованы не только в странах, где на общественный транспорт «не жалуют денег», но и в Чехии, Сербии. Одна скоростная стрелка эксплуатируется в Москве.

Троллейбус может без снижения скорости отклоняться от контактной сети на четыре метра в любую сторону. Контактная сеть, подвешенная над второй полосой уличной магистрали, позволяет ему совершать движение по трем полосам.

Экологическая безопасность троллейбуса — миф или правда?

К экологической безопасности троллейбуса обычно выдвигаются две претен-



Новая линия электрифицированного BRT в Пекине

зии. Первая состоит в том, что троллейбус получает электроэнергию преимущественно от тепловых электростанций (ТЭС), а значит, наносит урон окружающей среде такой же, как и машины с двигателями внутреннего сгорания. Вторая — троллейбусы тормозят автомобильные потоки, тем самым увеличивая эмиссию. Нельзя согласиться ни с одним из этих тезисов.

Во-первых, эмиссия от ТЭС принципиально отличается от той, которую создают двигатели внутреннего сгорания автобусов. При использовании природного газа это вода, углекислый газ и оксиды азота (так как азот содержится в воздухе). В автобусном выхлопе агрессивных веществ намного больше, особенно в случае старых машин. Это могут быть угарный газ, оксиды тяжелых металлов, бензопирен и сажа. Выбросы ТЭС попадают в высокие слои атмосферы, тогда как автобусные выхлопы поступают в зону непосредственного вдыхания воздуха человеком (животными, растениями). Кроме того, на электростанции более высокий КПД (0,36 вместо 0,24 у автобуса), а значит, на ту же работу выбросов придется на 40% меньше.

Во-вторых, некорректно рассматривать троллейбус в качестве виновника увеличения эмиссии от автотранспортных средств. Исследования на эту тему не проводились, и это, вероятно, субъективное умозаключение. Троллейбус, следующий по выделенной полосе (современный тренд — выделенные полосы для общественного транспорта), в принципе никак не может влиять на параметры транспортного потока. Нужно подчеркнуть, что грамотно подвешенная контактная сеть со скоростными стрелками фактически не имеет ограничений по скорости движения.

Предположения о том, что московская троллейбусная сеть не пригодна для реконструкции, ее необходимо менять полностью, лишены основания. Стоит помнить, что в системе электроснабжения важное место занимают тяговые подстанции, а их перестраивать не нужно.

Электробус — замена троллейбусу или автобусу?

По сравнению с троллейбусами электробусы имеют целый ряд недостатков:

- существенно дороже в обслуживании;
- ресурс электробусов ограничен весьма непродолжительным ресурсом аккумуляторных батарей или суперконденсаторов;
- меньшая производительность машин, так как часть рабочего времени должна расходоваться на подзарядку батарей или суперконденсаторов;
- в зимнее время с учетом отопления салона потребляемая мощность резко увеличивается (примерно в 2 раза), для обогрева используется дизельный двигатель, т. е. все недостатки автобуса (вибрация, шум, выхлопы во внешнюю среду) сохраняются;
- в условиях низкой температуры электролит аккумуляторов не должен замерзать — именно поэтому техническими решениями для электробусов, которые предполагается использовать в Москве, предусмотрены дизельные подогреватели аккумуляторов, также снижающие эффективность машин по сравнению с троллейбусами, которые могут без прогрева начинать движение при любых значениях температуры;

• аккумуляторы по истечении срока службы должны быть утилизированы, для этого необходима дополнительная программа с соответствующим финансовым обеспечением.

Следует добавить, что в случае полного демонтажа троллейбусной контактной сети нужно будет создавать заново подзарядные станции для электробусов, переключать подводящие линии внешнего электроснабжения. Использовать существующие трамвайно-троллейбусные тяговые подстанции не представляется возможным, так как электробусы должны будут подзарядаться на отстойно-разворотных площадках конечных станций, тогда как тяговые подстанции обычно располагаются между конечными станциями. В то же время, сохранив контактную сеть, ее можно будет использовать, в частности троллейбусами с автономным ходом — фактически электробусами, подзарядка которых выполняется во время движения под контактной сетью (электробусами с динамической подзарядкой).

Электробус, заряжаемый на конечных станциях, должен стать альтернативой автобусу на тех улицах, где вследствие малой интенсивности движения содержание контактной сети не целесообразно. Но снятие контактной сети на улицах с интенсивным движением общественного транспорта и замена неавтономного троллейбуса на автономный электробус — путь к неоправданному увеличению эксплуатационных затрат. Исключением могут стать парадные улицы, на которых по соображениям архитектурного плана контактная сеть нежелательна, но и в этом случае можно использовать троллейбусы с автономным ходом, которые часть маршрута по центру будут проходить с опущенными токоприемниками.

А как в мире?

Сторонники ликвидации троллейбуса часто ссылаются на международный опыт, указывая, что троллейбусные хозяйства массово сохранились только в государствах, ранее входивших в состав СССР (Россия, Республика Беларусь, Украина, Молдова, Литва), а также в некоторых странах Восточной Европы (Болгария, Румыния, Венгрия, Чехия, Словакия), входивших в состав СЭВ. Этим подкрепляется отсталость технологии: цивилизованные страны отказались от троллейбуса, значит, он бесперспективен. С данным утверждением также нельзя согласиться.

В США массовое закрытие троллейбусных систем пришлось на 1930–1950 гг.,

в странах Европы — на 1950–1970 гг. Однако закрытие троллейбуса объясняется скорее не его недостатками, а массовой автомобилизацией и, как следствие, снижением интереса к общественному транспорту в целом. Вспомним, что закрытие трамвайных систем началось примерно на 10–20 лет раньше и также имело массовый характер. Ренессанс трамвая в таких городах, как Париж, Лондон, Нью-Йорк, Мадрид, в значительной степени преувеличен. Новые трамвайные линии, как правило, строятся в периферийных и средних районах как дополнение к сети скоростного внеуличного рельсового транспорта, а вовсе не в центрах городов.

И когда мы сравниваем поведение транспортных властей Парижа или Лондона и Москвы, то нужно четко понимать, что на одной чаше весов «восстановление (строительство) троллейбусной системы с нуля» со всеми вопросами по переключке коммуникаций, поиску форм финансирования и т. д., на другой — отказ от поспешной ликвидации существующей мощной системы электроснабжения.

Между тем и в новейшей истории известно немало примеров, когда интенсивные автобусные маршруты (включая BRT — системы скоростных автобусных перевозок на выделенных линиях) переводят на электрическую тягу с контактным способом передачи электроэнергии. Например, в Кито (Эквадор) троллейбусная система BRT функционирует с 1995 г. В Пекине за последние семь лет на троллейбусную технологию переведено несколько маршрутов и 10 маршрутов предполагается перевести в течение ближайшего года.

Более того, процесс электрификации в небольших масштабах происходит даже на магистральном автомобильном транспорте. Электрические трэки (большегрузные автомобили) с питанием от контактной сети получили применение в Норвегии, США, Канаде.

В некоторых странах троллейбусное сообщение традиционно используется для массовых городских перевозок и продолжает развиваться. Среди них, конечно же, следует отметить Швейцарию. В небольшой стране функционируют 12 троллейбусных хозяйств (Берн, Биль, Винтертур, Вовё-Монтрё, Женева, Лозанна, Люцерн, Нёвштател, Санкт-Галлен, Фрибур, Цюрих, Шаффхаузен), в каждом из них насчитывается от 20 до 100 машин. Троллейбусы отличаются большой вместимостью — до 200 пассажиров. Уровень покрытия улично-дорожной сети троллейбусной контактной значительно

выше, чем в Москве. Называть Швейцарию «отсталой» не станет ни один эксперт.

В заключение нужно сказать, что отказываться от троллейбусной технологии преждевременно. Напротив, сохранив существующую троллейбусную инфраструктуру целесообразно использовать для повышения роли электротранспорта. Маршрутную сеть и интенсивность использования электрических транспортных средств с контактным способом токосъема можно значительно увеличить за счет совместной эксплуатации обычных троллейбусов и троллейбусов с повышенным ресурсом автономного хода (электробусов с динамической подзарядкой). Троллейбусную контактную сеть можно использовать и как систему непрерывной передачи электроэнергии на подвижной состав, и как источник для подзарядки троллейбусов с повышенным ресурсом автономного хода (фактически электробусов). У Москвы есть все шансы за счет имеющейся троллейбусной инфраструктуры в кратчайшие сроки сделать систему общественного транспорта экологически безопасной. **†**

Литература

1. Атлас городского электротранспорта Российской Федерации. Краснодар: Традиция, 2016. — 480 с.
2. Корольков С. К., Климов К. А. Троллейбусы мира от А до Я. М. : 2017. — 422 с.
3. Закиров С. С. Положение городского электротранспорта в России. — URL: <http://www.muet-ufa.ru/news/publikatsii-v-smi/polozhenie-gorodskogo-elektricheskogo-transporta-v-rossii/>
4. Вечерняя Москва. 20.06.2017.
5. Интервью Генерального директора ГУП «Мосгортранс» Е. Ф. Михайлова. <https://tr.ru/articles/2760-mosgortrans-prodolzhaet-otvechat-na-voprosy-po-moskovskomu-elektrobusu-chast-1>
6. Колин А. В. Расчет пропускной и провозной способности транспортных магистралей мегаполисов при эксплуатации различных видов городского пассажирского транспорта. М. : Моск. ин-т инженеров транспорта, 2010. — 140 с.
7. Спиринов И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом. М. : Академкнига, 2004. — 413 с.
8. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости пассажирских перевозок пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным транспортом общего пользования. М. : Мин-во транспорта, 2013.