

УДК 659.134.18

УПРАВЛЕНИЕ НАГРУЗКОЙ ЭЭС ПЕРЕВОДОМ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА НА ЭЛЕКТРОТЯГУ

Княжевич Н. А.

Научный руководитель – к.т.н, доц. Петруша Ю.С.

Электротранспорт – вид транспорта, использующий в качестве источника энергии электричество, а в приводе используется тяговый электродвигатель.

В развитых странах электротранспорт является основным перевозчиком пассажиров внутри города, на его долю приходится более 50 % перевозок. В развивающихся странах процент перевозок электротранспортом в городах составляет от 15 %. Основными средствами городского электротранспорта являются трамваи, троллейбусы, метрополитен, электропоезда, электробусы. [3]

Рассмотрим три основные причины перевода городского транспорта на электротягу:

1) Объясняется интересами энергосистемы. При введении АЭС с установленной мощностью 2.4 ГВт в белорусскую энергосистему будут возникать проблемы обеспечения покрытия переменной части суточного графика электрической нагрузки и особенно ночного спада нагрузки. Предполагая, что аккумуляторы электротранспорта, отчасти, будут заряжаться в ночное время суток, можно достичь повышения электрической нагрузки и снизить дисбаланс между спросом и потреблением электрической энергии.

2) Объясняется экономическими соображениями. При переводе транспорта с жидкого топлива на электроэнергию, обеспечивается заметная экономия. [2]

3) Экологическая. Автотранспорт выбрасывает огромное количество загрязняющих веществ. Большая насыщенность городов автомобильным транспортом вызывает резкое повышение уровня загрязнения окружающей среды отработавшими газами ДВС. Получается, что электротранспорт наглядно превосходит транспорт с ДВС по критерию экологичности. Но с другой стороны, утилизация аккумуляторных батарей, используемых в электротранспорте, является не самым экологическим мероприятием. [1]

Рассмотрим основные плюсы и минусы электротранспорта.

Плюсы:

1.Отсутствие вредных выхлопов, которые являются одним из главных элементов загрязнения окружающей среды;

2.Сравнительная надежность и долговечность двигателя при длительной эксплуатации;

3.Возможность зарядки аккумуляторов от стандартной электрической сети, что позволяет значительно экономить на расходах. Кроме того, есть возможность экономить на дешевой ночной электроэнергии, которая вырабатывается электростанциями в ночное время суток. Так же, при такой же тенденции развития электротранспорта, выгоднее будет пользоваться электротранспортом, так как через десяток лет электротранспорт будет уравниваться по цене с транспортом, имеющим ДВС. На данный момент это не

совсем целесообразно, так как электротранспорт в несколько раз дороже обычного транспорта с ДВС;

4. Высокий КПД, по сравнению с двигателями обычных автомобилей;

5. Вырабатывается меньшее количество шума;

6. Наличие возможности экстренного торможения электродвигателем, находящимся в режиме электромагнитного тормоза. [4]

Недостатки:

1) Затрудненный процесс утилизации отработавших аккумуляторных батарей.

2) Ограниченность запаса хода.

3) Развитие инфраструктуры установки пунктов зарядки.

4) Стоимость электротранспорта.

5) Особенности эксплуатации в зимнее время года.

6) Необходимость некоторого количества времени для зарядки аккумулятора. [4]

Определим самые эффективные, на наш взгляд, мероприятия, обеспечивающие развитие электротранспорта:

1. Замена автобусов на электробусы.

2. Перевод межрегиональных маршрутных такси на электротягу.

3. Внедрение аккумуляторных батарей в троллейбусы для возможности изменения заданного маршрута.

4. Заряд аккумуляторных батарей в ночное время суток.

5. Перевод старых грузовых дизельных автомобилей на электрические. На данный момент этим вопросом занимается компания Volvo.

В больших городах практически весь городской транспорт электрифицирован, за исключением автобусов и маршруток. Поэтому далее будем рассматривать перевод автобусов на электротягу, так как считаем, что это наиболее эффективное мероприятие развития электротранспорта в городах.

Рассмотрим отдельные аспекты развития электробусов в мире и в городе Минске – как нового вида городского общественного транспорта (эксплуатация которого началась в 2017 г.).

Современные дизельные автобусы – самый доступный с точки зрения производства, инфраструктуры и эксплуатации способ организации общественного транспорта. Благодаря относительно невысокой стоимости (например, один автобус МАЗ стоит около 180 тыс. у.е. за машину) они являются самым массовым городским общественным транспортом в мире. Однако уровень шума и выбросов не позволяет рассматривать дизельные автобусы в качестве устойчивого транспорта будущего.

До недавнего времени технологии не позволяли создать конкурентоспособный электробус: его стоимость (по разным оценкам, в 2-4 раза большая, чем у автобусов и троллейбусов) повышалась в связи с дороговизной и малой емкостью аккумуляторов. Однако ситуация на рынке меняется, и удешевление необходимых комплектующих способно стимулировать их распространение в городах мира. Теперь обсуждают не только стоимость, но и экологичность электроэнергии, используемой для

подзарядки. Сравнительная характеристика автобусов, троллейбусов и электробусов приведена в таблице 1.[5]

Таблица 1- сравнительные характеристики городского транспорта

	Дизельные автобусы	Троллейбусы	Электробусы с системой зарядки во время движения	Электробусы с системой ночной зарядки
Диапазон, км	600-900	Ограничен контактной сетью	Менее 100	100-200
Дозаправка/ подзарядка	Каждые 2 дня, 5-10 минут	Нет	Многokrратно в течение дня	Каждый день, 3-8 часов
Доступность заправочных/ зарядных станций (в г. Минске)	Высокая	Ограничена контактной сетью	Невысокая, ограничена тремя диспетчерскими станциями и депо	
Примерная стоимость, тыс. евро	+/- 180	+/- 300	+/- 400	350-500
Общая стоимость эксплуатации в ценах 2012 г., евро/км	2,1	3,1	3,2	5,5
Общая стоимость эксплуатации в ценах 2030 г., евро/км	2,5	3,4	2,9	3,8

В Минске в тестовом режиме эксплуатируют белорусские электробусы ОАО Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш», выпускаемые под брендом «Vitovt». БКМ сконструировала электробус на базе троллейбусов 42003 и 43303. В настоящее время существует две модели – E420 и E433, отличающиеся размерами. Обе модификации имеют двигатель мощностью 160 кВт, сделаны из композитных материалов, оборудованы калориферной системой отопления и климат-контролем в кабине водителя. Полностью низкопольный салон оборудован электрическими розетками и USB-портами. Запас хода электробусов – около 12-16 км, меньше многих зарубежных аналогов. Согласно комментарию ОАО «Белкоммунмаш», запас можно довести до 100 км, но это ощутимо увеличит вес машины, уменьшит энергоэффективность и поднимет стоимость. Дело в том, что в электробусе

применяются суперконденсаторы китайского производства. Их ресурс с учетом износа – около 10 лет или порядка 100 тыс. циклов заряда-разряда. Применение этой технологии обуславливает специфику движения машины: для зарядки в 12 км при полной загрузке достаточно 5-7 минут. Электробус заряжается на конечной станции и весь маршрут идет на собственном заряде. Основная проблема в настоящее время – высокая стоимость батарей, составляющая значительную часть стоимости электробуса. И даже при этом емкость батарей минского электробуса уступает зарубежным аналогам. Суточный пробег электробуса при этом составил около 280 км. Стоимость машины не разглашается, но по данным производителя и с учетом конъюнктуры белорусского рынка окупаемость составляет более 15 лет, и в денежном эквиваленте электробус стоит в 1,5-1,7 раза больше, чем троллейбус со сравнимыми характеристиками. При стоимости троллейбусов в 281 и 375 тыс. у.е. за стандартную и сочлененную версии соответственно, можно подсчитать примерную цену электробуса – 420-450 тыс. у.е. Общее количество электробусов на улицах Минска на данный момент составило 20 машин. К началу 2019 г. планируется увеличить данную цифру до 80. [5]



Рисунок 1 – Электробус E433

Рассчитаем окупаемость электробуса по сравнению с дизельным автобусом МАЗ 103А при различных особенностях эксплуатации.

Технические характеристики электробуса E433 и автобуса 103А, нужные для расчета срока окупаемости электробуса, приведены в таблице 2.

Таблица 2- Основные технические характеристики сравниваемых единиц техники

Транспорт	Электробус Vitovt E433	Автобус МАЗ 103А
Расход топлива, кВтч/100км л/100км	30	25-30-35
Стоимость за 1 кВтч/л, у.е.	0,1	0,75
Стоимость транспорта, тыс у.е.	440	170

Примем поправочный коэффициент ежедневного использования транспорта $k = 0.88$.

Полученные результаты расчетов сроков окупаемости электробусов Е433 при условии замены ими автобусов МАЗ 103А представим в таблице 3. Так как, предпологаемо, заменять дизельные автобусы будем не новые, то учтем только половину их стоимости.

Таблица 3 – результаты расчетов срока окупаемости электробуса

Условие	Срок, лет
При проезде 250 км в сутки	31-25-21
При проезде 250км с учетом замены АКБ	39-31-25
При проезде 250 км с учетом разницы в ремонте транспорта и замены АКБ	35-29-24
При проезде 300 км с учетом разницы в ремонте транспорта и замены АКБ	29-25-20
При проезде 250 км с учетом разницы в ремонте транспорта, замены АКБ, установки одной зарядной станции на 1 электробус	54-43-36

Выводы

Глобальный тренд роста интереса к электробусам очевиден, и Минск здесь не исключение. Около 100 городов Европы, в том числе и в Беларуси (Могилев), планируют в ближайшее время инициировать замену автопарка дизельных автобусов. В то же время нельзя не заметить, что логика экспериментов с электробусами в Минске пока что в корне отличается от подобных экспериментов в Варшаве, Берлине, Лондоне и т.д. Все эти города лишились своей троллейбусной сети в 1960-х – 1970-х годах. Поэтому сегодня они стремятся вводить (пока что дорогостоящие) альтернативы единственному виду колесного транспорта, который у них сохранился, – дизельному автобусу.

Минск по состоянию на начало 2018 года борется с Москвой за звание крупнейшей троллейбусной сети. В этой связи существующая в Минске практика замены электробусом именно троллейбусных маршрутов вызывает вопросы. В то время как все материалы на основных сайтах говорят об экологичности нового вида транспорта, практика его внедрения в самом лучшем случае *не увеличивает* количество выбросов CO₂ – ведь у троллейбусов эти выбросы уже и так были нулевыми. Чтобы разговоры об декарбонизации и экологизации мобильности звучали логично, экспериментировать с электробусами стоило бы за счёт дизельных автобусов.

От этого бы выиграли горожане, которые стали бы дышать более чистым воздухом. От замены электробусами троллейбусных маршрутов качество воздуха не изменится – в лучшем случае через несколько лет технологического прогресса выиграет бюджет, но не горожане. Пока же не выигрывает ни первый, ни вторые.

Из приведенных выше результатов расчета срока окупаемости электробуса Е433, можно сказать, что на данный момент замена дизельных автобусов не совсем целесообразна по критерию экономичности. Но с учетом тенденции роста цен на дизельное топливо, это будет целесообразно через несколько лет. При прохождении ежедневного маршрута в расстояние 300 км, электробус в лучшем случае окупает себя за 20 лет, а срок службы электробуса составляет 15 лет. Поэтому, на данный момент, замена на электробусы городского транспорта целесообразна только по критерию экологичности, а замена троллейбусов на электробусы (как на данный момент практикуется в городе Минске) целесообразна только для возможности изменения маршрута, но никак не целесообразна по критерию экономичности из-за эксплуатации АКБ и установки зарядных станций.

Литература

1. Богдан Н.В., Николаев В.П., Сафонов А.И. Перспективные направления развития городского нерельсового электрического транспорта - Минск: Ураджай, 1999. — 63 с.
2. Загайнов Н. А, Финкельштейн Б.С. Тяговые подстанции трамвая и троллейбуса - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М: Транспорт, 1978. - 336 с.
3. Кочеулов В. П. Использование электромобилей и электробусов на городском общественном транспорте больших городов. — М.: ГОСИНТИ, 1976. — 23 с.
4. Ивуть Р.Б., Пилипук Н.Н. «Техническая эксплуатация автомобилей», «Автосервис», «Оценочная деятельность на автомобильном транспорте». — Минск: БНТУ, 2010. — 111 с.
5. <https://bkm.by/catalog/elektrobus-modeli-e433-vitovt-max-electro/>