

Капский Денис Васильевич, д.т.н., профессор, Белорусский национальный технический университет

Кот Евгений Николаевич, к.т.н., доцент, Белорусский национальный технический университет

Семченков Сергей Сергеевич, старший преподаватель, Белорусский национальный технический университет, tst.bntu@gmail.com

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРЕЛЬСОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА В ПОЛОЦКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

В настоящее время в Республике Беларусь налажено собственное производство трамваев, троллейбусов, троллейбусов-электробусов и электробусов, которые могут рассматриваться как возможные перспективные виды городского электрического транспорта для г. Полоцка и г. Новополоцка, образующих Полоцкую агломерацию.

В агломерации имеется опыт эксплуатации электрического транспорта, в г. Новополоцке уже более 40 лет работает трамвайная линия. Опыта эксплуатации троллейбусов и электробусов в городах агломерации нет.

В качестве объектов сравнения целесообразно рассматривать троллейбусы в классическом и привычном потребителю представлении, являющиеся транспортными средствами с постоянным питанием в движении — IMF (In-Motion-Feeding), троллейбусы с динамической зарядкой ИМС (In-Motion-Charged), в которых для получения электроэнергии на отдельных участках маршрута используется не контактная сеть, а автономный бортовой источник энергии, заряжающийся в интервалы времени, когда троллейбус питается от контактной сети, а также электробусы с подзарядкой на маршруте на специально оборудованных зарядных станциях, реализованные по схеме ОС (Opportunity Charging).

В частности, на наш взгляд, большой интерес для Полоцкой агломерации представляют троллейбусы, реализованные по схеме ИМС (In-Motion-Charging) с подзарядкой в движении (далее — троллейбусы ИМС). Преимущества данного решения: распределённая нагрузка на электрическую сеть в течение всего дня, работа автономных бортовых источников энергии в щадящем режиме, электрическое отопление и кондиционирование, зарядка автономных бортовых источников энергии во время движения по маршруту без простоев транспортных средств на конечных станциях или в депо. В частности, в модели АКСМ-32100D (производство «Белкоммунмаш») запас автономного хода составляет 15 км при времени зарядки 15 мин. Таким образом, для полной зарядки автономного бортового источника энергии необходимо, чтобы перед участком без КС троллейбус ИМС не менее 15 мин. следовал по участку, оборудованному КС. Такое комбинированное решение позволяет значительно расширить географию использования троллейбусов ИМС за счёт возможности включения в маршруты их движения участков дорожной сети, не оборудованных КС.

Троллейбусы ИМС в городах Беларуси на регулярных маршрутах эксплуатируются в районах, в которых отсутствует КС: в Гродно (маршрут № 20 в жилой район Вишневец), в Витебске (маршрут № 12 в жилой район Билево, маршрут № 13 в район Титова, с декабря 2019 г. — маршрут № 14 в жилой район Тирасполь); по участку в середине маршрута, на котором отсутствует КС: в Гомеле (маршрут № 24 через жилой район Шведская горка).

Разработан новый проект для Гродно, который предусматривает приобретение троллейбусов ИМС и организацию четырёх маршрутов (Микрорайон «Ольшанка»–Торговый центр «Triniti», Микрорайон «Ольшанка»–ОАО «Гродно Азот», Микрорайон «Ольшанка»–Комбинат строительных материалов — как два маршрута с различными вариантами движения вокруг исторического центра).

Электробусы с подзарядкой на маршруте на специально оборудованных зарядных станциях, реализованные по схеме ОС (Opportunity Charging), в Беларуси в настоящее время применяются в Минске. Применение в качестве автономного источника электрической энергии молекулярных накопителей (суперконденсаторов) позволяет производить ультрабыструю зарядку на конечных станциях маршрута. Однако высокие зарядные токи (до 400 А) и потребность генерации больших мощностей на конечных станциях вызывают «скачкообразную» нагрузку на электрическую сеть, что, в свою очередь, оказывает негативное влияние на энергосистему. Электробусы ОС не предусматривают строительство КС, но требуют строительства тяговых подстанций, получающих электрическую энергию от электростанций и подающих её на зарядные станции. Дополнительно необходимо закупить и смонтировать дорогостоящие зарядные станции, которые осуществляют непосредственную зарядку автономного источника электрической энергии электробуса ОС (время зарядки составляет 9 мин., обеспечивается запас хода 12,5 км). К недостаткам электробусов ОС также следует отнести необходимость в наличии дизельного отопителя (выбросы вредных веществ), ограничение длины и конфигурации маршрута из-за необходимости зарядки, увеличенное время стоянки (по сравнению с автобусами, троллейбусами и трамваями) на каждой конечной станции для выполнения зарядки. Дополнительное время простоя на зарядных станциях существенно снижает среднюю эксплуатационную скорость, влечёт повышение эксплуатационных затрат в связи с необходимостью в дополнительных транспортных средствах, водителях и т.д. для сохранения параметров работы маршрута.

Следует заметить, что предприятия Новополоцка образуют крупнейший нефтехимический комплекс Беларуси, что в свою очередь, сказывается на экологической обстановке, поэтому Новополоцк относится к числу городов с наиболее высокой плотностью эмиссии вредных веществ. В общем загрязнении атмосферного воздуха негативную роль играют и мобильные источники выбросов. В указанных обстоятельствах увеличение доли экологически чистого транспорта является особенно актуальным.

Укрупнённый анализ различных вариантов применения электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке приведён в таблице.

Анализ вариантов применения электрического транспорта в Полоцкой агломерации

Вид транспорта	Электробус ОС, ОНС	Троллейбус ІМС	Троллейбус ІМФ
Параметр			
Опыт эксплуатации в городах	–	–	–
Место хранения транспортных средств	+/- (можно разместить в автобусном парке)	+/- (можно разместить в автобусном парке)	+/- (можно разместить в автобусном парке)
Эксплуатационная база (обслуживание и ремонт)	– (необходимо создавать)	– (необходимо создавать)	– (необходимо создавать)
Наличие существующей маршрутной сети электрического транспорта с перспективой дальнейшего развития	–	–	–
Степень привязки к инфраструктуре	Привязка к зарядным станциям	Частичная привязка к контактной сети	Полная привязка к контактной сети
Возможность изменения маршрута	От зарядных станций в радиусе запаса автономного хода	От любой точки участка с контактной сетью в радиусе запаса автономного хода	Без строительства контактной сети изменить маршрут невозможно
Необходимость подготовки водителей	Необходимо обучение водителей категории «D»	Необходимо обучение водителей категории «I»	Необходимо обучение водителей категории «I»
Необходимость единовременной закупки транспортных средств для открытия новых линий	Требуется	Требуется	Требуется
Приведённая стоимость транспортного средства (к 1 пасс. пассажироместности)	4,26–4,66	2,20–2,75	2,20–2,75
Срок эксплуатации транспортных средств базовый (продлённый)	10	10 (15)	10 (15)
Приведённая к 1 пасс. пассажироместности и базовому 10-летнему сроку эксплуатации стоимость транспортного средства	4,26–4,66	2,20–2,75	2,20–2,75
Удельные расходы энергии на перевозку 100 пасс. на 1 км в летнее время, USD/100 пасс.·км	0,18	0,18	0,18
Удельные расходы энергии (топлива) на перевозку 100 пасс. на 1 км в зимнее время, USD/100 пасс.·км	0,42	0,29	0,29
Экологическая чистота	+/- – – (выбросы вредных веществ при работе дизельного отопления, шин, резиновая пыль)	+/- (утилизация тяговых батарей, шин, резиновая пыль при взаимодействии колёс с дорожным покрытием)	+/- (утилизация шин, резиновая пыль при взаимодействии колёс с дорожным покрытием)

Таким образом, дальнейшее увеличение доли электротранспорта в рассмотренных городах возможно также за счёт организации движения троллейбусов ІМС на некоторых напряжённых маршрутах со строительством контактной сети для зарядки накопителей энергии в троллейбусах ІМС на отдельных участках маршрута вне центральной части города.