

*Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;*

*Габсалихова Л.М., кандидат технических наук, доцент Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;*

*Мухаметдинов Э.М., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».*

### СЕРВИС ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Аннотация: статья посвящена вопросам энергоэффективности транспортных средств. Рассмотрены основные проблемы внедрения электробусов в России. Приведено сравнение основных частей электробуса и троллейбуса. Разработан технологический процесс ежедневного технического обслуживания электробуса.*

*Ключевые слова: энергоэффективность, сервис, экологичность*

Негативные последствия бурного развития автостроения, выражающиеся главным образом в загрязнении окружающей среды вредными продуктами, содержащимися в выхлопных газах, были признаны одним из основных критических факторов будущего развития общества. Растущая концентрация населения в городских зонах вынуждает задуматься о необходимости преимущественного использования общественного транспорта, удовлетворяющего экологическим требованиям. Основными направлениями повышения энергоэффективности автотранспорта в развитых странах становятся техническое регулирование и экономическое понуждение к использованию более эффективных технологий.

К 2025 году глобальные тенденции по изменению потребительских предпочтений окажут влияние на структуру российского рынка автомобильной техники. Неизбежно возникнет потребность в продуктах с

принципиально новыми свойствами, таких как, электромобили, автономные транспортные средства, транспортные средства с сетевыми возможностями и автомобили, использующие альтернативные виды топлива. Как следствие, можно ожидать изменения характера глобальных автомобильных рынков, смещения центров прибыли в пользу производителей высокотехнологических компонентов, изменения поведения потребителей, распространения передовых технологий, а также возникновения новых моделей конкуренции и сотрудничества. В статьях [1, 2] выявлены возможности и препятствия, которые стимулируют или предотвращают развитие транспорта на альтернативных источниках энергии.

Использование традиционных видов моторного топлива (бензин, дизельное топливо) на автомобильном транспорте в последние годы связано с рядом проблем: ограниченность имеющихся запасов углеводородного сырья; постоянный рост цен на все виды топлива; повсеместное ухудшение экологической обстановки.

Большинство автомобильных концернов мира решение перечисленных проблем видят в применении энергосберегающих технологий и переводе транспорта на электрическую трансмиссию с использованием экологически чистых энергетических установок. Основными эффектами такого подхода являются: уменьшение мощности силовых агрегатов за счет использования кинетической энергии транспортного средства; снижение расхода топлива; снижение вредных выбросов [3].

Электробус обладает рядом несомненных преимуществ по сравнению с автобусом, оборудованным двигателем внутреннего сгорания, работающим на бензине, дизельном топливе или газе. Он практически бесшумен, прост в управлении, надежен и долговечен. Эксплуатация электробуса обходится гораздо дешевле, чем эксплуатация обычного автобуса с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

На данный момент применяют два основных способа зарядки электробуса: проводной, по принципу троллейбуса, но не требующий постоянного контакта с электросетью для длительной работы; беспроводной, с использованием явления электромагнитной индукции [4].

Основная проблема внедрения электробусов в России - отсутствие зарядной инфраструктуры. Для компенсации ограничений запаса хода электрических транспортных средства необходимо иметь плотную сеть зарядных станций, может быть, в сочетании с возможностью замены батарей. Решению этой проблемы в российских городах будет способствовать сеть тяговых подстанций, созданных для организации троллейбусного и трамвайного движения.

По сравнению с автобусами, работающими с двигателем внутреннего сгорания, эксплуатационные расходы для электробусов ниже, поскольку реже и дешевле регулярное техническое обслуживание (ТО) подвижного состава ввиду отсутствия необходимости использования таких расходных материалов, как моторные и трансмиссионные масла. Кроме того, использование электробусов приводит к снижению уровня вредных выбросов, повышению комфортности поездок на наземном общественном транспорте за счет снижения уровней шума и вибрации в салоне, наличия новых сервисов для пассажиров (USB-зарядки) и стопроцентной низкопольности без перепадов высоты пола. У электробусов реже техническое обслуживание (ТО).

Электробус объединяет экологичность троллейбуса, автономность и маневренность автобуса. В таблице 1,2 приведено сравнение технических характеристик электробуса и троллейбуса. Электробус сертифицирован по категории М3, это позволяет обычному водителю перевозить пассажиров.

Таблица 1

## Основные технические характеристики

Основные параметры	Электробус КАМАЗ 6282	Троллейбус с длительным автономным ходом СТ 6217
Пассажировместимость, чел.	85	111
Технически допустимая максимальная масса, кг	18000	19178
Максимальная конструктивная скорость движения электробуса на горизонтальном участке, км/ч	70	60
Максимальный запас хода на накопителях без подзарядки, км.	70	60
Максимальный преодолеваемый подъем в режиме электробуса, не менее, %	18	8
Время разгона до скорости 60 км/ч, с, не более	30	11
Время зарядки бортовым зарядным устройством от трехфазной сети 380 В, часов, не более	12	
Время ультрабыстрой зарядки с помощью токоприёмника (при токе зарядки 480 А), минут, не более	30	
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/100 км, не более	53/100	1,8 /100

Таблица 2

## Сравнение основных частей электробуса и троллейбуса

Электробус КАМАЗ 6282		Троллейбус с длительным автономным ходом СТ 6217
Агрегаты и системы	Технические характеристики	
Двигатель	Два асинхронных электродвигателя мощностью 125 кВт каждый	асинхронный АТЧД-250-4У2
Тяговый инвентор	С векторным управлением и функцией рекуперации, 300 кВт	ИРБИ АТ1 – 280У2 (СРЗЕ-CAN2)
Накопитель энергии	Литий-титановые аккумуляторы, 70,4 кВт.ч	Литий-ионные аккумуляторы “Лиотех”
Тормозная система	пневматическая, с электрическим компрессором, который поддерживает давление в контурах тормозной системы	Электропневматическая
Система отопления	Жидкостная, с дизельным подогревателем Webasto	Электрокалориферы/ Webasto

Для отопления салона используется обычный жидкостный контур с дизельным подогревателем Webasto (аналогичное решение используется для подогрева аккумуляторов). Новый электробус КАМАЗ 6282 имеет крышную климатическую установку (Eberspaecher AC-515). Вместо двигателя внутреннего сгорания используется электропортальный мост ZF

AVE130 с двумя асинхронными бортовыми мотор-редукторами мощностью по 125 кВт каждый. В моторном отсеке — винтовой компрессор, ресиверы и высоковольтные инверторы.

Как видно из приведенного сравнения, электробусы имеют ряд преимуществ. В то же время, следует учитывать, что при их эксплуатации появляется ряд проблем, обусловленных конструктивными особенностями, которые могут вызвать негативные последствия с точки зрения безопасности дорожного движения.

В Москве электробусы КАМАЗ обслуживаются по контракту жизненного цикла, что предусматривает сервисное сопровождение и ремонт электробусов на определенный промежуток времени. Техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, проводимым в плановом порядке и предназначено для поддержания электробуса КАМАЗ-6282 в исправном состоянии. Оно включает техническое обслуживание в начальный период эксплуатации и в основной период эксплуатации.

В начальный период эксплуатации электробуса выполняются: ежедневное техническое обслуживание (ЕТО); еженедельное техническое обслуживание (НТО); разовое техническое обслуживание ТО-2500.

Ежедневное техническое обслуживание электробуса выполняется водителем раз в сутки перед выездом (часть работ) и по возвращении с линии. На стоянках после длительного движения также необходимо проверить техническое состояние в объеме ЕТО. Еженедельное техническое обслуживание (НТО) выполняется водителем 1 раз в неделю. Допускается выполнение НТО сервисным центром по заявке владельца транспортного средства. ТО-2500 выполняется сервисным центром один раз в начальный период эксплуатации в интервале первых 1000-5000 км пробега. Периодичность технического обслуживания 30000 км.

Ежедневное обслуживание электробусов заключается в проверке масла в гидроусилителе руля и компрессоре пневмосистемы, обязательном

контроле уровня жидкостей в системе отопления салона и контуре охлаждения электродвигателей (рис.1).

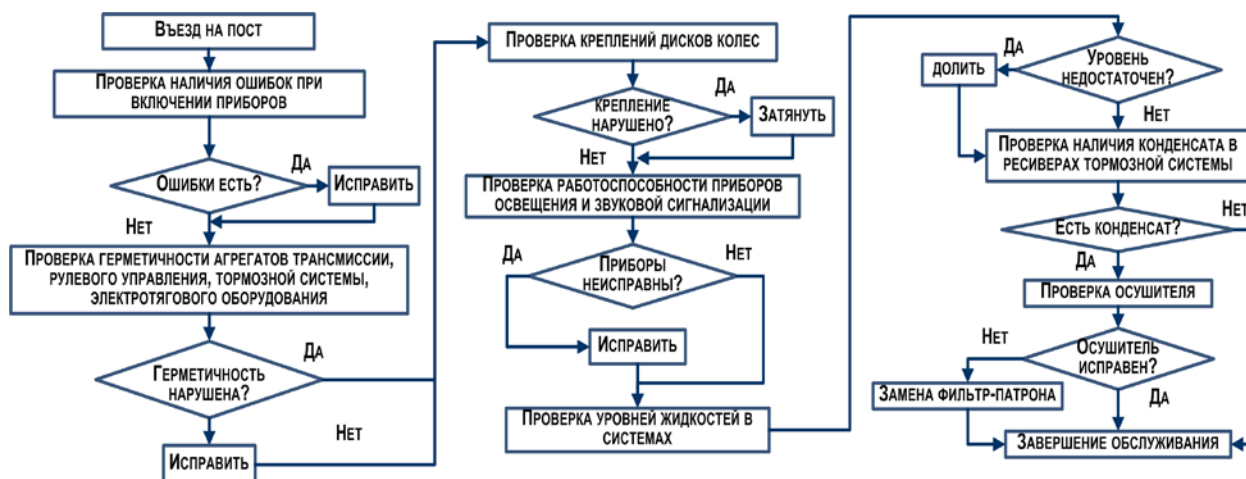


Рис. 1 Технологический процесс ежедневного технического обслуживания

В автобусном парке необходима организация поста обслуживания электробусов, поскольку электрооборудование, ходовая часть, кузов и иные системы обслуживаются в соответствии с регламентом завода-производителя. Батарея электробуса является электронно-управляемым накопителем энергии, требующим регулярного контроля в составе электрооборудования системы электродвижения транспорта, хотя и не нуждается в специальном техническом обслуживании.

Расчетный срок эксплуатации одного комплекта литий-ионных аккумуляторов - до 500 тыс. км пробега. Электробус имеет увеличенный, по сравнению с традиционными видами транспорта, ресурс тормозных накладок, поскольку замедление в значительной части цикла торможения обеспечивается за счет электромагнитного торможения (в данном цикле обеспечивается рекуперация энергии).

Электробус имеет бортовые зарядные устройства (установлены непосредственно в самом электробусе) и станции ультрабыстрой зарядки (устанавливаются на маршруте/на конечных станциях).

Станция ультрабыстрой подзарядки подключается к промышленной трехфазной сети переменного тока, либо напрямую к троллейбусной линии. В дополнение к ультрабыстрой зарядке используется бортовое

зарядное устройство, позволяющее заряжать накопитель от обычной трехфазной сети («ночная зарядка»). Бортовое зарядное устройство предназначено для зарядки накопителя энергии от трёхфазной сети переменного тока. Силовой разъем для подключения силового кабеля для зарядки расположен в задней части электробуса под задней крышкой. Электробус оснащен бортовым зарядным устройством, состоящим из 6 модулей.

Станция ультрабыстрой зарядки (производитель DRIVE electro, предназначена для зарядки литий-ионных аккумуляторных батарей электробусов с рабочим диапазоном напряжения 250...600В. Изделие имеет гальваническую изоляцию от питающей сети. Антивандальное конструктивное исполнение позволяет устанавливать зарядную станцию на конечных остановках автобусного маршрута.

Мировые тренды свидетельствуют о мерах, предпринимаемых для обеспечения перехода к экологичным видам транспорта, в то же время, в России, на сегодняшний день, бензин и дизель фактически остаются монопольными видами моторного топлива. Несмотря на экономические и экологические преимущества электробусов перед обычными автобусами, последние все еще являются основной составляющей наземного городского пассажирского транспорта во всем мире. Выбор типа электробуса и способа обеспечения его энергией сугубо индивидуален для каждой страны, поскольку требует учета специфических факторов, таких как природно-климатические условия и характеристики энергосистемы. Проблемой во многих странах может стать еще и утилизация отработавших свой срок аккумуляторов, поскольку далеко не везде имеются заводы для этих целей. Для эффективной работы электробусов необходимо наличие зарядной инфраструктуры и специальных пунктов обслуживания, что невозможно без поддержки государства. Эксплуатация электробусов требует обеспечения доступной и надежной зарядной инфраструктурой.

## Литература

1. Van der Straten, P. Enablers and Barriers to the Adoption of Alternatively Powered Buses. / P, Van der Straten, B.W. Wiegmans, A.B. Schelling, // Transport Reviews – 2007. – Vol. 27. – №6. – P. 679–698.

2. Gabsalikhova, L.M. The prospects of use of alternative types of fuel in road transport. / L.M, Gabsalikhova, G.R. Sadygova, I.V. Makarova, E.M. Mukhametdinov (2017) // Journal of Fundaental and Applied Scienses. – 2017. – Vol. 9. – №2 – P. 869-879.

3. Pandia. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/77/212/93525.php> (дата обращения: 06.01.2018)

4. Иванов, О.Н. Исследование технических характеристик электробусов, как перспективных видов наземного пассажирского транспорта / О.Н Иванов., Н.О. Листов, А.В. Остроух // Международный журнал перспективных исследований. – 2017. – № 4-2. – Т. 7. – С. 29-48.

---

*Makarova I.V. Doctor of Sciences (Tech.), professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University;*

*Gabsalikhova L.M. Candidate of Sciences (Tech.), assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University;*

*Moukhametdinov E.M. Candidate of Sciences (Tech.), assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University*

### SERVICE OF ENERGY EFFICIENT VEHICLES

*Abstract: The article is devoted to the issues of energy efficiency of vehicles. The main problems of introduction of electric buses in Russia are considered. Comparison of the main parts of the electric bus and trolleybus is given. The technological process of daily maintenance of the electric bus was developed.*

*Key words: energy efficiency, service, environmental friendliness*