

УДК 629.423

**Шматков В.О.**, ст. н. с., к. т. н.,  
Государственное предприятие  
"Научно-исследовательский и  
конструкторско-  
технологический институт  
городского хозяйства"

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНЫХ БЕЗРЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Розглядаються тенденції розвитку автономних безрейкових транспортних засобів.*

*Рассматриваются тенденции развития автономных безрельсовых транспортных средств.*

*Considered the autonomous development trends cartage vehicles.*

**Введение.** Электробус (электрический автобус) — автономное безрельсовое механическое транспортное средство, предназначенное для перевозки 7 и более пассажиров, движимое с помощью тягового электропривода, электрическая энергия для которого запасается/хранится на борту в накопителе.

В качестве накопителя и одновременно источника электроэнергии для работы электробуса, в "классическом" варианте, используется тяговая аккумуляторная батарея (ТАБ) большой емкости, которую располагают в нишах под кузовом, в заднем отсеке, и.т.д.

Ведущие колеса электробуса, приводятся в движение тяговым электродвигателем (или несколькими), который посредством электрической системы управления (включающую силовые кабели, контактные или бесконтактные коммутационные устройства и аппараты, прочее) соединен с ТАБ.

Электробус средней и/или большой вместимости, по принципу конструирования и применяемому электрооборудованию, во многом похож на троллейбус, а в общей концепции — на электромобиль (каковым по сути и является, за исключением размеров, вместимости, мощности электропривода (а значит, ему присущи все достоинства и недостатки такого вида транспорта).

В последнее время, с развитием электротехнической промышленности и различными разработками в области тягового электропривода, в качестве источника электроэнергии для электробусов предлагаются новые виды ТАБ, ионисторы (или так называемые суперконденсаторы), топливные элементы, и.т.д (поэтому, понятие электробуса, как «транспортного средства (транспортной машины), работающего на аккумуляторных батареях...», либо, как «аккумуляторного автобуса...», на сегодня становится неактуальным и устаревшим)). Так же, в качестве движителя, предлагается применение электрических мотор-колес (которые хотя и имеют весомые недостатки, но позволяют исключить «классические» передаточные устройства: кардан, дифференциал, полуоси, и. т. п).

При необходимости промежуточной подзарядки ТАБ или аварийного питания тягового электропривода, на борту электробуса может устанавливаться генераторная установка небольшой мощности.

**Анализ исследований и публикаций.** Информация публикаций заводов-изготовителей.

**Постановка задачи.** Анализ развития автономных безрельсовых транспортных средств и разработка рекомендации по их применению в Украине.

**Основная часть.** Одним из ведущих производителей электробусов в мире является китайская фирма BYD. Электробусы компании BYD поставлены в следующие страны мира: Израиль, США, Дания, Уругвай, Польша и др.

Технические характеристики электробуса BYD eBUS-12 вполне отвечают современным требованиям, предъявляемым к общественному транспорту: он тихий, экологически безвредный и, в конечном итоге, экономичный. Внешне и внутренне он мало чем отличается от других автобусов: размеры примерно те же. Длина – 12 метров, ширина – 2,5 метра, высота – 3,3 метра. Корпус сделан из алюминия. Мощность мотора, расположенного в задней части, – 90 кВт (122 л. с.). Сразу за водителем и напротив справа – два закрытых блока, в которых спрятаны две железо-фосфатные батареи емкостью 600 ампер. Третья батарея находится на крыше. Дальность поездки в городских условиях составляет 250 километров без подзарядки. Максимальная скорость этого электробуса, согласно пресс-релизу импортера, – 70 км/ч, а продолжительность зарядки – 5 часов.

Используемые в качестве аккумуляторов железо-фосфатные батареи считаются безопаснее и экологичнее широко распространенных в промышленности литиевых, поскольку они более долговечны и менее токсичны при утилизации. Дорон Вадаи, руководитель компании-импортера китайского электрического автобуса "Клаль Моторс", которая также завозит в Израиль солнечные батареи, экономичные и экологически безвредные элементы питания и осветительные приборы, привел сравнительные таблицы с ценами на приобретение и эксплуатацию нескольких типов автобусов: на дизельном топливе, бензине и электроэнергии. Стоимость электробусов традиционно выше, однако эксплуатация, по понятным причинам, обходится дешевле. Как сообщается, содержание электробуса будет стоить на 25 % дешевле дизельного, а расход на заправку выйдет дешевле на треть.

Концерн Siemens совместно с небольшим итальянским производителем автобусов - фирмой Rampini Carlo SpA - создали автобус на электротяге. Это 8 - метровый низкопольный электробус с салоном на 44

места. Несколько прототипов машины весной этого года начали опытную эксплуатацию в Вене.

Инновационная концепция и технология привода были разработаны специалистами Siemens. Она включает электродвигатель мощностью 150 кВт, блок литий-ферритовых аккумуляторных батарей и электронную систему управления приводом Siemens, построенную на IGBT - модулях.

Полностью заряженные АКБ позволяют электробусы проехать от 120 до 150 км. Предусмотрена технология рекуперации энергии торможения в электроэнергию, которая позволяет пассажирской машине «пополнять баки» во время движения. Кроме этого, в конструкции электробуса предусмотрен пантограф, расположенный на крыше. С его помощью происходит подзарядка АКБ от троллейбусной или трамвайной сети. Процесс довольно быстрый и может быть завершён в течение 10-15 минут.

Этой разработкой сейчас заинтересовались в Киевской городской госадминистрации. Уже прошли первоначальные переговоры по организации совместного производства подобных машин в столице Украины. Правда даже приблизительные сроки не называются.

Свою историю Чешская компания SOR ведёт с 1993 года, все это время, выпуская автобусы и экспортируя продукт в Словакию, Венгрию, Польшу, Германию, Сербию, Черногорию и Украину. Сравнительно недавно SOR начала осваивать новое перспективное направление — производство электробусов. Первый электрический автобус был отправлен в рейс в августе 2010 года. Новинка себя оправдала и получила признание в ряде стран. Меньше чем через три года SOR доехал до России и обзавёлся крепким партнёром. Компания «Револьта» не просто стала дистрибьютором, но и старается создать всю необходимую инфраструктуру для комфортной эксплуатации этой техники, как зарядную, так и сервисную.

SOR, на данный момент, выпускает две модели экологически чистого транспорта. Это электробус в чистом виде SOR EBN 10,5 и гибридный автобус SOR NBH 18.

Городской трехдверный электробус 10,5 предназначен для перевозки 85 пассажиров на короткие расстояния (запас автономного хода – 120 км). Его кузов позаимствован у ранее созданного автобуса SOR BN 12. Для зеленого транспортного средства разработан совершенно новый шестиполосный электрический двигатель TAM 1049 Pragoimex мощностью 120 кВт.

Электродвигатель может охлаждаться водой, что имеет ряд преимуществ. Например, его вес составляет около 400 кг — намного меньше по сравнению с двигателем с воздушным охлаждением. Помимо этого значительно повышается эффективность и снижается шум, подшипники двигателя не перегреваются и он может безболезненно переносить кратковременные перегрузки.

Наряду с электрическим двигателем жидкостное охлаждение имеет тяговый очень компактный преобразователь (инвертор), тем самым достигается дальнейшее снижение веса. Остаточное тепло, выделяемое системой жидкостного охлаждения, используется для отопления салона.

В электробусах и гибридах SOR реализована технология рекуперативного торможения. Источником сжатого воздуха в этом процессе является роторный лопастный компрессор с осушителем воздуха и маслоотделители.

Тяговая батарея состоит из 180 элементов (аккумуляторов) емкостью 300 А·ч. Каждый элемент контролируется индивидуально с точки уровня заряда и температуры. Батарея имеет терморегулирование – охлаждение и подогрев, что особенно важно при ночной стоянке в неотапливаемом помещении.

Тяговый аккумулятор можно зарядить в течение 8 часов «медленной» зарядкой (3x32А АС). В процессе «заправки» имеется возможность

включения подогрева салона транспортного средства – таким образом, он будет теплым уже при выезде на маршрут. Аккумулятор можно подзаряжать и в течении дня с использованием станции ультра-быстрой зарядки, при этом время зарядки сокращается до 1 часа.

SOR EBN 10,5

Длина: 10 370 мм

Ширина: 2 525 мм

Высота: 2 800 мм

Колесная база: 6 320 мм

Эксплуатационная масса: 10 200 кг

Количество мест: сидячие места/стоячие места: 19/66

Минимальная высота пола: 320 мм

Конструкционная скорость: 80 км/ч

Пробег: 120 км

Электрический двигатель: ТАМ 1052С6В 120 kW

Добавим, что в настоящее время с конвейеров компании выходит ежегодно не менее 200 электробусов SOR EBN10.5.

При этом в стране уже есть из чего выбирать: «Тролза», «НефАЗ», ЛИАЗ.

В России производством электробусов занимаются следующие предприятия: «Тролза», «НефАЗ», ЛИАЗ.

Автобус Тролза 52501 "Электробус" – транспортное средство создано на базе низкопольного троллейбуса Тролза 5265 "Мегаполис", оборудованного электронной системой управления асинхронным тяговым двигателем на основе IGBT-транзисторов. Целью разработки Электробуса стала необходимость создания современного транспортного средства лишённого ряда недостатков, присущих существующим средствам наземного транспорта - вредные выхлопы у автобусов и привязанность к контактной сети у троллейбусов. Реализовать идею стало возможно с появлением на российском рынке современных технологий в области накопления и сохранения энергии, а также высокотехнологичных

преобразователей. В итоге, созданное нами транспортное средство способно стать альтернативой существующим городским автобусам, что создает благоприятные условия для модернизации всей транспортной системы городов.

#### Конструктивные особенности

Кроме универсальности конструкции, Электробус является воплощением современной концепции энергоэффективного транспорта. Благодаря применению современного асинхронного тягового привода с микропроцессорной системой управления удалось снизить потребление электрической энергии на 35-40% по сравнению с обычными троллейбусами. Кроме того, использование рекуперативного торможения создает дополнительную экономию за счет подзарядки накопителей. Используемые высокотехнологичные аккумуляторные батареи производства ООО "Лиотех" обеспечивают работу Электробуса в течение смены без подзарядки (заряд батарей позволяет преодолевать до 250 км пути). При этом время подзарядки используемых литий-ионных накопителей не превышает 3 часов. Проведенные нашими инженерами предварительные расчеты эксплуатационных затрат показали, что Электробус почти в 2 раза экономичнее троллейбуса и в 6 раз экономичнее автобуса. Особое внимание уделено безопасности. Несмотря на унификацию с троллейбусом, Электробус имеет вдвое меньшее количество высоковольтных цепей. Ключевые узлы смонтированы с использованием модульных соединений, что кроме безопасности и технологичности позволяет моментально диагностировать систему на предмет неисправностей и устранять их в кратчайшие сроки избегая простоя транспортного средства.

#### Технические характеристики

Год начала производства	2011
Масса снаряженного троллейбуса, кг	11090
Полная конструктивная масса, кг	17620
Габаритные размеры, мм	

Длина (по бамперам)	11680
Ширина	2520
Высота	3370
Формула дверей	2/1230 + 1/960
Уровень пола, мм	360
Пассажировместимость, чел.	98
Число мест для сидения	21
Максимальная скорость движения с полной нагрузкой на горизонтальном участке дороги, км/ч	60
Максимально преодолеваемый подъем при полной нагрузке, %	12
Запас хода до подзарядки, км	120-250
Минимальный радиус поворота, м	12

Тяговый электропривод – тяговый асинхронный электродвигатель с автоматическим двухполюсным выключателем, тяговой выпрямительно-инверторной установкой на основе IGBT с микропроцессорной системой управления.

Успешно прошёл сертификацию первый в России электробус – электрический автобус НЕФА3-52992. Его автономный электрический ход рассчитан более чем на 200 км.

Новинка разработана и создана специалистами НИИ Комбинированных энергоустановок совместно с ОАО «НЕФА3», дочерним предприятием «КАМАЗа» в Башкирии, по заказу фирмы «Лиотех» для нужд Росатома.

На крыше, в салоне и в заднем свесе электробуса размещена литий-железо-фосфатная аккумуляторная батарея энергоёмкостью 313,6 кВт/ч. Электробус оборудован зарядным устройством мощностью 48 кВт, при этом процесс полной зарядки машины занимает восемь часов. Для быстроты зарядки (20-30 минут) от сети до 500 кВт на НЕФА3-52992 установлены специальные силовые разъёмы.

Электробус оснащён системой телеметрии, которая по ГЛОНАСС или GSM-каналам передаёт информацию на удалённый компьютер сервисной службы для контроля параметров состояния батареи и основных агрегатов.



Конструкция, комплектующие и качество сборки отвечают всем требованиям, которые сегодня предъявляются к средствам перевозки пассажиров на городском транспорте.

ЛиАЗ-6274 – электробус большого класса для городских перевозок

Электробус ЛИАЗ 6274 разработан совместно с компанией «МОБЭЛ» на базе городского низкопольного автобуса ЛИАЗ 5292. Электробус оборудуется асинхронным двигателем, преобразователем тягового двигателя на IGBT – транзисторах с функцией рекуперативного торможения и накопителем энергии. В составе накопителя энергии, оборудованного системой термостатирования, применяются литий-ионные аккумуляторы производства компании «Лиотех», которые обеспечивают запас хода электробуса до 200 км.

Применение электробусов на городских маршрутах позволит снизить уровень вредных выбросов до 100%, повысить комфортность для пассажиров за счет уменьшения уровня шума и вибрации в салоне, а также позволит существенно снизить эксплуатационные расходы в условиях постоянного повышения стоимости топлива, и значительно упростить процесс регламентного технического обслуживания.

<b>Базовые характеристики</b>	
Тип кузова	Несущий, цельнометаллический, вагонной компоновки
Ресурс кузова, лет	12
Колёсная формула	4x2
Длина/Ширина/Высота, мм	12000 / 2500 / 3220
База, мм	5960
Высота потолка в салоне, мм	2295
Высота пола над уровнем дороги, мм	360
Количество/ширина дверей, мм	2 / 1325 + 1 / 1225
Мин. радиус разворота, м	12,5
Масса снаряженная/полная, кг	12100 / 18200

Нагрузка на переднюю/заднюю ось, кг	7000 / 11200	
Общее количество мест (в т.ч. посадочных)	90 (20+1 инв.)	
Максимальный запас хода на накопителях без подзарядки, с учетом рекуперированной энергии, не менее, км.	200	
Мост передний / задний	RABA	
Рулевой механизм	Чепель А-500.73-3520-00	
Тормозная система	Пневматическая, двухконтурная, с разделением по осям, ABS	
Вентиляция	Естественная, через форточки и потолочные люки	
Система отопления	4 отопителя	
Компрессор	Спиральный с приводом от асинхронного трехфазного двигателя	
<b>Агрегатные характеристики</b>		
<b>Комплект тягового электрооборудования</b>		
Тяговый асинхронный электродвигатель	Количество	1
	Номинальная мощность (на валу), кВт (S2 = 60 мин).	180
	Длительная мощность (на валу), кВт	150
	Частота вращения синхронная, мин <sup>-1</sup> номинальная максимальная	1500
		4000
	Номинальный момент на валу, Нм	1150
	Степень защиты	IP54
Батарея литий-ионных аккумуляторов	Номинальное напряжение, В	400
	Номинальный ток заряда, А	350

	Электрическая ёмкость, Ач	700
	Внешний интерфейс	CAN
Система управления тяговым электродвигателем	Тип	Транзисторная
	Внешний интерфейс	CAN

В Украине производством разработкой опытных образцов электробусов занимается концерн «Электрон» (г. Львов). Технические характеристики данного электробуса наведены ниже

Наименование параметра	Базовая комплектация	
Тип кузова	Несущий, вагонной компоновки	
Ресурс кузова , лет	12	
колесная формула	4x2	
Длина / ширина / высота , мм	12000 / 2550 / 3300	
База , мм	5900	
Высота потолка в салоне , мм	2295	
Высота пола над уровнем дороги , мм	320	
Количество / ширина дверей , мм	2 / 1400	
Максимальный радиус разворота , м	12,5	
Масса снаряженная / полная , кг	12100 / 18200	
Нагрузка на переднюю / заднюю ось , кг	7000 / 11200	
Общее количество мест (в т.ч. посадочных )	90 (26 +1 инв.)	
Максимальный запас хода на накопителях без подзарядки , с учетом вводах энергии , не менее , км	280 – 300	
Мост передний - независимая подвеска	ZF RL 75EC	
Мост задний ведущий	ZF AVE 130	
рулевой механизм	ZF Servocom 8098	
Батарея LiFeYPO 4 аккумулятора	Номинальный ток заряда, А	350
	Электрическая емкость, Ач	700
	Номинальное напряжение, В	414
Внешний интерфейс	Система управления тяговым электродвигателем	Тип транзисторная
	внешний интерфейс	CAN-шина

**Выводы.** Автономные безрельсовые транспортные средства с тяговым электрически приводом и накопителями электроэнергии в режимах рекуперативного торможения безусловно имеют ряд преимуществ:

1. минимальный уровень шума и вибрации при движении;
2. повышенная маневренность (за счет отсутствия контактной сети);
3. экологическая чистота;
4. снижение затрат на энергоносители;
5. существенное снижение эксплуатационных расходов на ТО и ремонт.

Такие транспортные средства могут успешно использоваться в качестве подвозящего транспорта от городов-спутников (например Ирпеня, Броваров, Василькова) до станций метро города Киева, а также в режимах внутригородских перевозок пассажиров.