

УДК 629.1.04

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
СИСТЕМ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ  
БАТАРЕЙ НАЗЕМНОГО  
АВТОТРАНСПОРТА

*И. В. Охрименко, Н. В. Руденко,  
М. М. Филь, М. А. Сычева*

Донской государственной технической  
университет, Ростов-на-Дону, Российская  
Федерация

[igor.oxr@mail.ru](mailto:igor.oxr@mail.ru)

[m.v.2017@mail.ru](mailto:m.v.2017@mail.ru)

[m.r.fillipok@gmail.com](mailto:m.r.fillipok@gmail.com)

[sycheva1412@gmail.com](mailto:sycheva1412@gmail.com)

Рассмотрены пути совершенствования систем заряда аккумуляторных батарей наземного автотранспорта. Выполнен анализ способов заряда аккумуляторных батарей, которые реализуются ведущими мировыми компаниями в этой области: Tesla, Nissan, Renault и Ford. Для сравнения этих способов предложены следующие удельные показатели: расход электроэнергии на 100 км; стоимость 1 кВт·ч емкости аккумуляторных батарей в долларах США; скорость заряда аккумуляторных батарей. Выполнено сравнение основных характеристик современных электромобилей, что позволило сделать следующие выводы: самым экономным электромобилем является Renault KANGOO Z. E.; электромобилем с самой высокой скоростью заряда является Nissan Leaf; электромобилем с минимальным потреблением аккумуляторных батарей является Tesla S 85. Предложены пути дальнейшего развития систем заряда электротранспорта в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, электромобиль, система заряда, зарядная станция.

**Введение.** По статистическим данным в городах с населением больше одного миллиона, таких как Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, доля загрязнения выхлопными газами составляет 70–80 % от совокупного количества выбросов вредных веществ в атмосферу [1]. Согласно исследованию ученых Гарвардского университета, выхлопные газы автомобилей снижают интеллект и ухудшают память у детей. В исследовании принимали участие 202 ребенка в возрасте 8–

UDC 629.1.04

WAYS OF IMPROVING  
BATTERIES CHARGING SYSTEMS OF  
GROUND VEHICLES

*I. V. Okhrimenko, N. V. Rudenko,  
M. M Fil, M. A Sycheva*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation

[igor.oxr@mail.ru](mailto:igor.oxr@mail.ru)

[m.v.2017@mail.ru](mailto:m.v.2017@mail.ru)

[m.r.fillipok@gmail.com](mailto:m.r.fillipok@gmail.com)

[sycheva1412@gmail.com](mailto:sycheva1412@gmail.com)

The article discusses ways of improving charging systems of ground vehicle batteries. It provides the analysis of batteries charging methods, which are implemented by the world's leading companies in this field: Tesla, Nissan, Renault and Ford. For comparison of these methods the following specific indicators are offered: electric power consumption per 100 km; the cost of 1 kWh of battery capacity in US dollars; speed of charge of storage batteries. The paper includes the comparison of the main characteristics of modern electric vehicles, which makes it possible to draw the following conclusions: Renault KANGOO Z. E. has the highest rate of charge; the electric car with the highest charge speed is Nissan Leaf; Tesla S 85 is an electric vehicle with minimum battery consumption. As a result, the ways of the further development of electric transport charging systems in the Russian Federation are proposed.

**Keywords:** battery, electric vehicle, charging system, charging station.

11 лет, живущие в Бостоне. Результаты интеллектуальных тестов оказались ниже у тех детей, которые дышат загрязненным от автомобильных выхлопов воздухом [2].

В настоящее время наблюдается тенденция перехода автомобильной промышленности от двигателей внутреннего сгорания (ДВС) к электродвигателю. В октябре 2016 года бундесрат Германии принял резолюцию о запрете производства автомобилей с ДВС с 2030 года [3]. Такой запрет также обсуждают в Норвегии и Нидерландах. Подобная инициатива может изменить отношение мира к вредным выбросам в атмосферу, а также в перспективе снизить парниковый эффект. В связи с этим актуальным является вопрос развития наземного электротранспорта, использования автомобилей с электрическим двигателем вместо автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. Поэтому задача совершенствования заряда аккумуляторных батарей наземного автотранспорта с электрическим приводом является актуальной.

**Анализ систем заряда аккумуляторных батарей наземного автотранспорта.** Для анализа систем заряда аккумуляторных батарей (АБ) наземного автотранспорта была произведена выборка среди крупнейших производителей электрических автомобилей, имеющих многолетний опыт работы в данной сфере — Tesla, Nissan, Renault и Ford. Эти компании исследуют перспективные направления развития и обладают инновационными технологиями для развития автомобильной промышленности в будущем.

Основным критерием отбора моделей автомобилей было принято использование АБ в качестве основного источника энергии. Рассмотрены электромобили, отвечающие данному критерию, выполнен анализ технических характеристик и особенностей функционирования систем заряда [4–7].

Электромобили с лучшими характеристиками приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Современные модели электромобилей

Название модели	Технические характеристики			
	Запас хода, км	Емкость батареи, кВт·ч	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателя, л.с.
Tesla Model S	502	85	200	362
Nissan Leaf	135	24	140	107
Renault KANGOO Z. E.	170	22	130	60
Ford Focus Electric	130	23	136	143

Электромобиль *Tesla Model S* уверенно занимает долю рынка в премиум сегменте. Его эргономичный и агрессивный дизайн, а также концепция экологичности позволяет конкурировать со своими основными соперниками.

Отличительной особенностью электромобиля *Tesla Model S* является сравнительно большая емкость АБ, благодаря которой электромобиль имеет максимальный запас хода. Это является существенным конкурентным преимуществом, т.к. основными недостатками автомобилей с электроприводом является их большое время зарядки и малый запас хода.

Зарядить автомобиль *Tesla Model S* можно пятью способами [4]:

- с помощью стандартного зарядного устройства *Mobile Connector* стационарно размещенного в гараже;
- с использованием специального адаптера для *Mobile Connector*, подключенного к розетке стандарта *NEMA 14-50*;
- с помощью дополнительного, более мощного зарядного устройства *High Power Wall Connector*, также размещенного в гараже;
- с использованием *High Power Wall Connector*, а также дополнительной технологией *Twin Chargers*;
- с помощью системы подзарядки *Supercharger* на станциях технического обслуживания.

Время зарядки электромобиля *Tesla Model S* в зависимости от используемого способа представлено в таблице 2.

Таблица 2

Время зарядки электромобиля *Tesla Model S* в зависимости от способа

Способ (устройство)	Время
<i>Mobile Connector</i>	29 ч
<i>Mobile Connector</i> с использованием специального адаптера, розетки стандарта <i>NEMA 14-50</i>	9 ч
<i>High Power Wall Connector</i>	9 ч
<i>High Power Wall Connector</i> + <i>Twin Chargers</i>	4,5 ч
<i>Tesla Superchargers</i>	1,5 ч

Стандартное мобильное зарядное устройство *Mobile Connector* предназначено для подзарядки электромобиля *Tesla*. Устройство может подключаться к сети переменного тока напряжением от 85 до 265 В, частотой 45–65 Гц. Ток заряда 1–40 А. Устройство рассчитано на максимальную мощность 10 кВт. Характеристики зарядного устройства позволяют работать с разными напряжениями, токами и частотами, поэтому возможны варианты подзарядки, как на специальных станциях, так и в условиях электрифицированного гаража [4].

Стационарное устройство для зарядки *Wall connector* устанавливается на постоянном месте. Стоит оно 1200 \$. Может быть установлено на улице. Подключается к подведённым проводам напрямую. Процесс включения зарядки в этом случае упрощён, штекер снимается со стены и вставляется в токоприёмник *Tesla* [4].

*Twin Chargers* — это спаренное зарядное устройство. Расположено непосредственно в автомобиле, позволяет ускорить время зарядки в два раза. Опция доступна при заказе автомобиля [4].

Интерес представляет разработка компании *Tesla* в виде системы *Supercharger*. *Tesla Superchargers* — это самые передовые технологии в мире, способные зарядить батарею *Model S* в 20 раз быстрее, чем большинство других общественных зарядных станций. Мощные (120 кВт·ч) *Supercharger* могут пополнить половину заряда всего за 20 минут. Это возможно благодаря передаче энергии постоянного тока напрямую к аккумулятору в обход бортового зарядного оборудования. Скорость зарядки батареи изменяется по нелинейному закону. Зарядка 80% емкости батареи происходит за первую половину всего времени зарядки, остальные 20% емкости батареи заряжаются

в течение второй половины этого времени. Это происходит потому, что на завершающем этапе необходимо снизить ток заряда [4].

Компания *Tesla* активно участвует в развитие инфраструктуры зарядных станций для электромобилей. На данный момент существует 795 зарядных станций с 5085 зарядными устройствами, охватывающими Соединённые Штаты Америки, Европу, а также Азиатско-Тихоокеанский регион [4].

Большинство автомобилей, даже гибриды, вырабатывают тонны выбросов  $\text{CO}_2$  каждый год. Электромобиль *Nissan Leaf* является полностью электрическим автомобилем, который не имеет вредных выхлопов. Данный электромобиль не предназначен для длительных поездок, однако он зарекомендовал себя с лучшей стороны в условиях мегаполиса. У компании *Nissan* разработано собственное приложение для мобильных телекоммуникационных устройств, позволяющие найти ближайшую специальную зарядную станцию, а также есть возможность отфильтровать станции, которые уже заняты, либо, которые имеют устройства зарядки постоянным током высокой мощности.

Для подзарядки батареи *Nissan Leaf* можно использовать 2 способа: обычный способ от бытовой розетки и ускоренный способ с помощью специального высоковольтного (480 В) зарядного устройства от *Nissan* [5].

Следующим электромобилем, попавшем в выборку, является *Renault KANGOO Z. E.* Данная модель была создана преимущественно для бизнес-среды. Несколько видов перегородок грузового отсека позволяют легко перевозить грузы различных размеров.

Отличительной особенностью компании *Renault* является система «умной» зарядки «Хамелеон», позволяющая заряжать автомобиль от розеток любых мощностей.

Используя кабель из стандартного комплекта поставки *Renault Z.E.*, можно зарядить *Renault KANGOO Z.E.* за 7–10 часов. Для этого необходимо квалифицированно установить розетку типа «*Green'upTM Access*» *Legran* в гараже. Подключившись к обычной бытовой розетке 220 В, можно полностью зарядить аккумулятор за 10–12 часов [6].

Последней моделью анализа выбран *Ford Focus Electric*. Электромобиль отличается своей надежностью и практичностью. Компания *Ford* предпочитает использовать аккумулятор с активным жидкостным охлаждением и подогревом, который обеспечивает стабильную работу батареи в широком диапазоне температур.

Подзарядку электромобиля можно производить на напряжение 120, 240 Вольт, а также при помощи постоянного тока. Модель оборудована зарядным устройством мощностью 6,6 кВт, что позволяет заряжать электромобиль быстрее, чем у основного конкурента *Nissan Leaf*. Мощность зарядки при использовании постоянного тока может достигать до 50 кВт [7].

Для анализа были выбраны электромобили с наилучшими характеристиками в своем сегменте. Вследствие того, что модели электромобилей находятся в различных ценовых категориях и предназначены для различных задач, сравнение по абсолютным значениям показателей не может быть объективным. Чтобы обеспечить объективность и наглядность исследования была предложена система обобщенных относительных показателей. Для сравнения приняты следующие основные показатели:

- расход электроэнергии на 100 км в [кВт·ч];
- стоимость 1 кВт·ч емкости АБ в тысячах долларах США;
- скорость заряда АБ в [кВт/ч].

Сравнительная характеристика электромобилей по обобщенным показателям изображена на рис. 1.

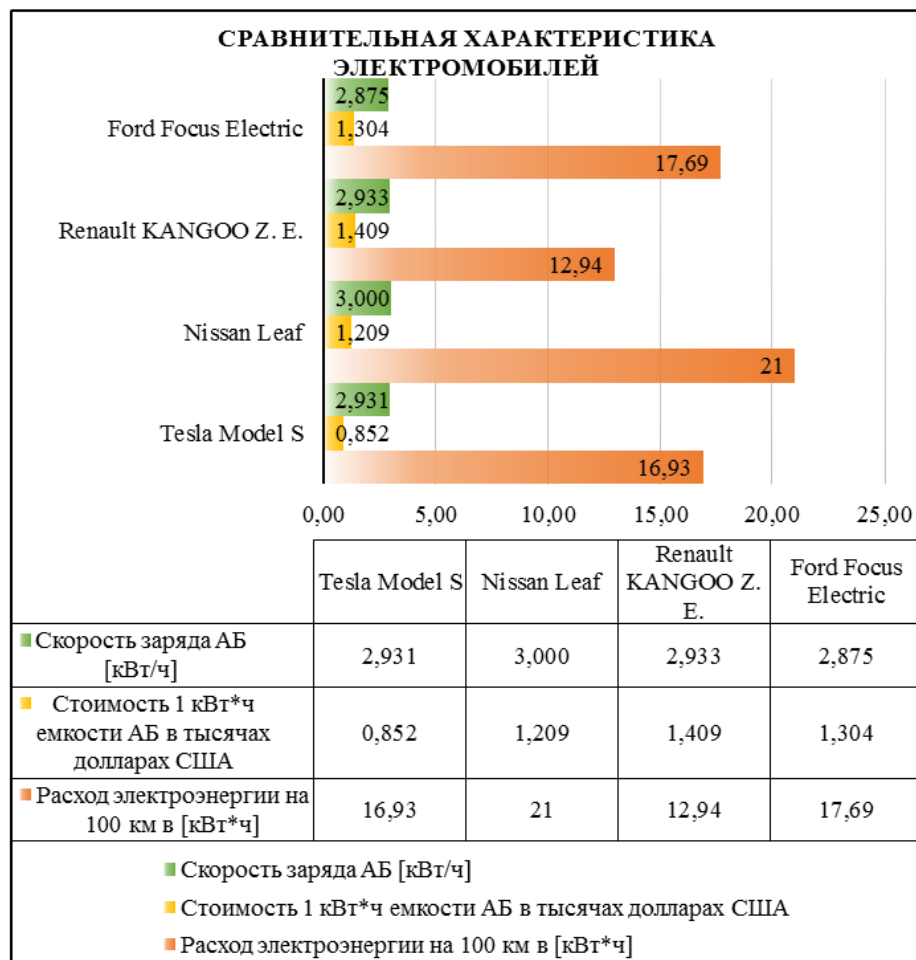


Рис. 1. Сравнительная характеристика электромобилей

Анализ диаграммы, представленной на рис. 1, позволяет сделать следующие выводы:

- самым экономным электромобилем является *Renault KANGOO Z. E.*;
- электромобилем с самой высокой скоростью заряда — *Nissan Leaf*;
- электромобилем с максимальной емкостью АБ — *Tesla S 85*.

#### Выводы.

1. Для усовершенствования систем заряда АБ электромобилей предлагается объединить технологии различных компания в одну систему. Использование технологий компании *Nissan* позволит добиться самой высокой скорости зарядки. Применение конструктивных особенностей АБ компании *Tesla* даст возможность производить данный продукт с низкой стоимостью, а система распределения энергии в электромобиле компании *Renault* позволит уменьшить расход электроэнергии до низкого уровня.

2. Для того, чтобы планомерно внедрить электромобили в нашей стране, необходимо создать сеть зарядных станций. Развитие инфраструктуры высокомоощных зарядных станций в столице, а также в регионах РФ позволит электромобилям передвигаться на дальние расстояния, что увеличит их привлекательность, как современного средства передвижения.

**Библиографический список**

1. Доля загрязнения выхлопными газами в городах Российской Федерации [Электронный ресурс] / Федеральная государственная служба статистики. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 21.11.2016).
2. Влияние выхлопных газов на детей [Электронный ресурс] / Зеленое спасание. Экологическое общество. — Режим доступа: <http://www.greensalvation.org/index.php?page=influenceAvtoZV> (дата обращения: 21.11.2016).
3. Резолюция о запрете производства автомобилей с ДВС с 2030 года [Электронный ресурс] / Бундесрат Германии. — Режим доступа: <http://www.bundesrat.de/EN/homepage/homepage-node.html> (дата обращения: 21.11.2016).
4. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Tesla Model S [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Tesla Motors. Режим доступа: <https://www.tesla.com/> (дата обращения: 24.11.2016).
5. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Nissan Leaf [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Nissan Motor Co., Ltd. Режим па: <https://www.nissanusa.com/electric-hybrid-cars> (дата обращения: 24.11.2016).
6. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Renault KANGOO Z. E. [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Renault Group. Режим па: <https://www.renault.ru/vehicles/range/kango-z.html> (дата обращения: 26.11.2016).
7. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Ford Focus Electric [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Ford Motor. Режим па: <https://www.ford.com/cars/focus/2017/models/focus-electric/> (дата обращения: 28.11.2016).