

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ МЕГАПОЛИСА<sup>1</sup>

О. М. Мамедов, канд. техн. наук, научный редактор реферативного журнала «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», ВИНТИ РАН

**Ключевые слова:** электромобиль, пробег, аккумулятор, зарядка, мощность, энергохозяйство, мегаполис

Одним из действенных инструментов предотвращения потепления климата на Земле названо<sup>2</sup> широкомасштабное внедрение электромобиля, особенно в условиях мегаполиса. Однако масштабный переход на использование электромобилей будет способствовать росту электропотребления. Кроме того, для снабжения энергией электромобилей необходимо создание соответствующей зарядной инфраструктуры. Все это, в свою очередь, потребует ввода дополнительных энергетических мощностей и изменения характера графика электрической нагрузки.

## Преимущества электромобиля

Электромобиль – это альтернатива автомобилю с двигателем внутреннего сгорания, который является источником загрязнения окружающей среды и на долю которого приходится треть от суммарных выбросов в атмосферу. Очевидное преимущество электромобиля – отсутствие вредных выбросов и низкая стоимость эксплуатации.

<sup>1</sup> Полную версию статьи читайте на [www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6666](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6666).

<sup>2</sup> На саммите по охране окружающей среды, прошедшем в декабре 2015 года в Париже под эгидой ООН.



Так, модель электромобиля Ford Ranger потребляет 0,25 кВт•ч/км пробега. При среднегодовом пробеге автомобиля в США 15 тыс. миль, что соответствует 24 тыс. км, и стоимости электроэнергии от 5 до 20 центов/кВт•ч в зависимости от штата стоимость годового пробега составит от 300 до 1200 долл. США, что как минимум в два раза дешевле, чем у автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, у которого среднегодовой расход на оплату топлива составляет 2000 долл. США ([www.recyclemag.ru](http://www.recyclemag.ru)).

Наименьший показатель удельного расхода – 0,12 кВт•ч/км – у электромобиля Nissan Leaf, который выпускается с 2010 года. Он оборудован литий-ионным аккумулятором со слоистыми элементами емкостью 30 кВт•ч, что обеспечивает пробег до 250 км при полном заряде.

Однако следует обратить внимание на тот факт, что на дальность пробега оказывают влияние условия эксплуатации. Дальность поездки 250 км достигается при поездке за городом на скорости 60 км/ч, при ясной погоде и температуре 20 °С. При повышении скорости до 90 км/ч, а температуры до 35 °С дальность поездки уменьшается до 220 км. В зимних условиях при температуре наружного воздуха –10 °С и поездке в городе со скоростью 25 км/ч дальность пробега сокращается до 150 км.

Городские электрические автобусы характеризуются повышенным удельным расходом энергии. Так, модель низкопольного 12-метрового автобуса Eurobus с литий-фосфатным аккумулятором емкостью 314 кВт•ч имеет запас хода до 300 км при полном заряде, удельный расход 1,25 кВт•ч/км ([www.greenevolution.ru](http://www.greenevolution.ru)).

Если сопоставлять цену на электромобиль со стоимостью автомобиля с двигателем внутреннего сгорания того же класса, электромобиль остается более дорогим.

### Стимулирование роста числа электромобилей

Несмотря на дороговизну, количество электромобилей в мире неуклонно растет, в первую очередь в экономически развитых странах. Это связано с политикой, проводимой правительствами государств.

В США в 2010 году была введена налоговая скидка при покупке электромобиля от 2500 до 7500 долл. в зависимости от емкости аккумулятора: меньшая льгота для меньшей емкости аккумулятора, большая льгота – для



большей. Во Франции предусмотрена выплата компенсации в размере 10 тыс. евро за отказ от эксплуатации дизельных автомобилей возрастом свыше 15 лет ([www.quto.ru](http://www.quto.ru)). Согласно оценке консалтинговой компании P&W, к 2028 году доля электромобилей составит 30% всех продаваемых автомобилей.

Помимо налоговых льгот и компенсаций правительства развитых стран вводят дополнительные стимулы для приобретения электромобиля. Отменяются налоги на регистрацию электромобиля, владельцы могут бесплатно пользоваться сетью зарядных станций, ездить по выделенным полосам для общественного транспорта, бесплатно парковаться. Все это делается с целью максимального снижения выбросов выхлопных газов автомобильным транспортом в рамках построения зеленой экономики.

### Улучшение параметров аккумуляторов для электромобилей

Аккумулятор для электромобиля имеет чрезвычайную важность. Это устройство определяет технико-экономические показатели электромобиля: длительность пробега, срок циклов зарядки, емкость, цену.

Улучшение параметров эксперты связывают с особенностями литий-ионного аккумулятора, позволяющими расширить возможности и снизить цену на устройство<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Стоимость аккумуляторов заметно влияет на полную стоимость электромобиля.

## СПРАВКА

Министерство энергетики США рассмотрело два сценария внедрения электромобилей, согласно которым количество электромобилей в стране к 2030 году составит:

- по сценарию А – 14% от общего количества автомобилей;
- по сценарию Б – 21% от общего количества автомобилей.

Согласно расчету рост электропотребления будет равен соответственно 7 и 30%. При этом рост электропотребления не приведет к росту ввода дополнительных генерирующих мощностей ввиду того, что зарядка электромобилей будет производиться в ночное время, в период падения нагрузки в энергосистеме. Годовое время зарядки составит 400 ч при загрузке 90% установленной мощности в энергосистеме.

Столь высокая загрузка мощностей энергосистемы указывает на выравнивание графика нагрузки, улучшение технико-экономических показателей энергосистемы за счет роста базовой части графика, выравнивание ночного провала. Однако выравнивание ночного провала графика нагрузки приводит к уменьшению ремонтной площади графика, что вызывает необходимость увеличения резервных мощностей, а это дополнительные затраты.



Один из путей повышения технических характеристик аккумуляторов видится в так называемых «приточных» аккумуляторах, которые вырабатывают энергию на ходу, а процесс заправки свежим электролитом при этом подобен заправке бензобака. Подобные аккумуляторы решают проблемы, связанные с влиянием температуры наружного воздуха на емкость. Зимой расстояние между розетками станций зарядки сокращается. Аккумуляторы не любят холод, а еще они не любят большого количества циклов «заряд–разряд».

В «приточных» аккумуляторах наличие наночастиц способно формировать пространственные структуры на поверхности электродов, многократно увеличивая площадь, на которой происходит электрохимическая реакция. Запас хода данных аккумуляторов может возрасти до 800 км, после чего необходимо залить электролит в аккумулятор. Электролит нетоксичен, что обеспечивает безопасность заправки. В процессе эксплуатации электролит распадается на воду и соли, что требует его замены через каждые 10 тыс. км.

При среднегодовом пробеге электромобиля 24 тыс. км необходимо будет дважды заменить электролит. Общей чертой для всех видов аккумуляторов является необходимость замены через каждые 5 лет и их утилизация.

### Система зарядки электромобилей

Для успешной эксплуатации электромобилей необходимо наличие системы зарядки. Зарядка электромобиля может быть быстрая (в течение 1 ч и меньше) и длительная (6 ч и более).

Зарядка электромобиля может осуществляться от станции, подобной АЗС, и от бытовой сети.

Во всех случаях требуется специальное зарядное устройство. Мощность зарядного устройства  $P$  зависит от величины емкости аккумулятора  $W$ , длительности заряда  $T$ , коэффициента разряда аккумулятора  $K$  и выражается формулой  $P = W/TK$ , Вт. Из представленного выражения следует, что мощность зарядного устройства обратно пропорциональна времени заряда и коэффициенту разряда аккумулятора.

С учетом роста количества электромобилей Еврокомиссия планирует к 2023 году оснащать все новые здания в странах ЕС станциями зарядки электромобилей. Положение будет также распространяться на реконструируемые и капитально ремонтируемые здания. Такая инициатива потребует соответствующих изменений в законодательстве и приведет к дополнительным затратам.

В зависимости от мощности стоимость зарядной станции может доходить до 75 тыс. евро.

## Электромобили в системе энергоснабжения мегаполиса

Масштабное увеличение числа электромобилей приводит к появлению качественно нового класса потребителей, которые не только увеличивают потребность в электроэнергии, но и меняют характер электропотребления, что оказывает прямое воздействие на систему энергоснабжения мегаполиса (см. справку). В результате потребуется учитывать структуру генерирующих мощностей, характер и объем электропотребления в разрезе года и сезона, усиление городских сетей. Последнее связано с тем, что для станций быстрой зарядки требуются сети более высокого напряжения – 660 В, в отличие от существующих 220 В.

Учет структуры мощностей необходим еще и по той причине, что, несмотря на планируемый рост выработки энергии генерирующими мощностями возобновляемой энергетики до уровня 35 % от суммарного значения к 2030 году, доля угольной генерации остается на уровне до 25 % и рост потребности в электроэнергии за счет электромобилей может быть также удовлетворен угольной генерацией, что приведет к дополнительным выбросам углекислого газа [1].

Так, рост количества электромобилей в США до уровня 14 % (см. справку) может привести к росту выбросов углекислого газа на 92 млн т, а до уровня 21 % – на 235 млн т.

Важность учета структуры генерирующих мощностей в энергосистеме подтверждается на примере Сингапура, где выработка электроэнергии осуществляется в основном угольными электростанциями. Владельцу электромобиля Tesla S был выписан штраф на сумму 11 тыс. долл. США, так как электромобиль, согласно мнению управления наземного транспорта, не укладывался в нормативы по вредным выбросам в окружающую среду [2].

В рамках мегаполиса, где образуется большое количество бытовых органических отходов, исчисляемых сотнями тысяч тонн, компенсация увеличения выбросов углекислого газа угольной генерацией технически возможна в первую очередь за счет биоэнергетических установок. Это позволяет комплексно решить ряд проблем, связанных с ликвидацией и захоронением бытовых отходов, удовлетворить потребность в энергии за счет собственных ресурсов и наличия свободной земли, что является острой проблемой в мегаполисе.

## Электромобили в России

На общемировом фоне, когда количество электромобилей составляет до 2 млн единиц, а планируемый рост объема их реализации – до 30 % к 2030 году, в России только намечается движение в этом направлении. На начало 2017 года общее количество электромобилей в стране составляет 960 единиц, в основном в Москве и Санкт-Петербурге.

Отечественный автопром делал попытки в области электромобилестроения. Бралась стандартные модели автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, которые оснащались электрооборудованием взамен бензинового. Примером может служить модель e Lada на основе серийной бензиновой Lada. Модель выпуска 2012 года на шасси Lada Kalina была изготовлена в количестве 100 единиц. Были использованы литий-железо-фосфатные аккумуляторы емкостью 23 кВт•ч китайского производства Thunder Sky общей массой 240 кг. Полный заряд аккумуляторов обеспечивал пробег 140 км. Срок службы аккумуляторов составлял 3000 циклов «заряд–разряд».

В 2016 году было выпущено два экземпляра Lada Vesta EV с литий-ионным аккумулятором емкостью 70 кВт•ч, что обеспечивает пробег при полном заряде 150 км. Полная зарядка от сети 220 В занимает 9 ч. Ориентировочная цена электромобиля около 3 млн руб.

Высокие цены на опытные модели отечественных электромобилей вызваны тем, что вся электрика в них – иностранного производства. Но даже если предположить, что отечественные электромобили будут оснащены комплектующими собственного производства и цена на электромобиль снизится вдвое, что будет соответствовать цене 1,0–1,5 млн руб. за электромобиль, нет никакой уверенности в их массовой реализации на потребительском рынке ввиду покупательной способности населения.

В сложившейся ситуации на мировом рынке, когда правительства развитых стран оказывают финансовую поддержку производителям электромобилей, в России без аналогичной поддержки со стороны Правительства РФ прогресса в этом направлении трудно будет достигнуть. Поэтому пока нельзя ожидать появления большого количества электромобилей на дорогах мегаполисов в России.

### Литература

1. The Economist. 2015. August 1th.
2. Вредная Tesla // Энергия без границ. 2016. № 2. ■