# Насколько энергоэффективны и экологичны электромобили в России?

**Александр Журавлёв**, советник директора Ассоциации СРО «БалтЭнергоЭффект», доктор технических наук, профессор, Почетный энергетик

**В настоящее время большую обеспокоенность жителей планеты вызывают проблемы экологии мегаполисов с учетом возросшего количества автомобилей. Выброс выхлопных газов, в составе которых наблюдаются оксиды углерода, приводит к усилению так называемого «парникового эффекта», а добавление к ним оксидов азота, серы и канцерогенов влияет на состояние здоровья и продолжительность жизни населения.**

По статистике в среднем обычный легковой автомобиль ежедневно сжигает около 15 л топлива. Расходуя их, каждый автомобиль ежедневно выпускает около 9 кг диоксида углерода (углекислого газа). Ежедневно на дороги во всем мире выезжает порядка 500 млн автомобилей, т.е. выброс $CO_2$ может составлять ежесуточно около 4,5 млн тонн.

В ряде стран (европейских и США) население стало переходить на электромобили, как на экологически чистый транспорт. Их более высокая стоимость компенсируется экологическими качествами (отсутствием выхлопных газов), малой шумностью работы электропривода, возможностью рекуперации энергии при торможении. Сложностью для российских просторов является проблема с электрозаправками с учетом ограниченности емкости аккумуляторной батареи наряду с большой транспортной сетью и необходимостью большого пробега. Тем не менее, существует ряд мнений, что, несмотря на высокую стоимость электрокара и проблему с электрозаправками, электромобили вносят существенную лепту в защиту окружающей природной среды в плане экологии и снижения вредных выбросов. Так ли это? Попробуем разобраться. Порою складывается впечатление, что экономичность и экологичность электромобилей при их эксплуатации складываются повсеместно и при любых условиях.

## Отличия генерации электрической энергии в европейских странах и России

В европейских странах и США рынок электрокаров возрастал до 2019 года, но в настоящее время в силу новых экономических проблем (пандемия короновируса, снижение цен на нефть) эксперты предрекают его сокращение более чем на 20–40 % в этом году. Европейские страны, выделявшие ранее субсидии на приобретение и эксплуатацию электромобилей, прекратили финансирование «зеленого» автотранспорта, что стало невыгодным для потенциальных покупателей. Говоря не только об экономической стороне, необходимо затронуть и экологическую составляющую эксплуатации электромобиля. Понятно, что сам электрокар ущерба окружающей природной среде не наносит, так как электроэнергия является «чистой» и к тому же высококачественной энергией, способной преобразовываться в любой другой вид энергии. Но генерация электрической энергии может происходить различными путями и способами.

Ряд европейских стран давно пошел по пути «зеленой» энергетики, что позволяет поставить в цепочке потребителей электроэнергии электромобили. Так, Норвегия получает основную долю электроэнергии за счет работы ГЭС, Дания — за счет ветроэлектростанций и использования биомассы, Германия активно внедряет солнечные батареи, т.е. традиционная энергетика по сжиганию природного топлива сокращается до минимума (рис. 1). Этого пытаются добиться и США, несмотря на значительную часть угольных тепловых электростанций (ТЭС) (рис. 2).

Так, за 2019 год производство электроэнергии на основе угля в Европейском Союзе сократилось на 24 % и в 2019 году составило менее половины от уровня 2007-го. Выработка на основе каменного угля сократилась на 32 %, на основе бурого угля — на 16 %. В результате выбросы $CO_2$ в энергетическом секторе Европы в 2019 году снизились на 12 % — самое большое снижение, по крайней мере, с 1990 года. Половина угольной генерации была заменена ветровой и солнечной энергией, а половина — природным газом.

Структура генерации электрической энергии в европейских странах и США показана на диаграммах (рис. 1 и 2). На основании полученных данных, можно заключить, что в США и странах Европы доля генерации электроэнергии без значительных выбросов $CO_2$ и оксидов составляет свыше 70 %, а доля угля при его использовании на ТЭС ежегодно сокращается и составляет 27,8 % в США и менее 15 % — в европейских странах.

Рис. 1. Структура выработки электроэнергии в европейских странах в 2019 году

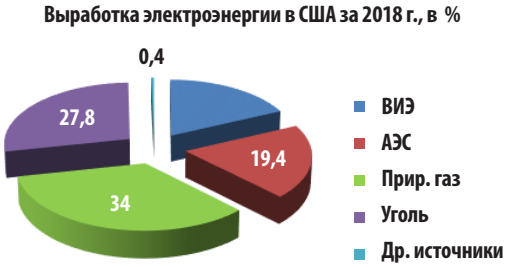


Рис. 2. Структура выработки электроэнергии в США в 2018 году

Иная картина представляется в России, где большая часть электроэнергии вырабатывается на ТЭС с преимущественным использованием угля (табл. 1, рис. 3). Атомные электростанции (АЭС), ветроэлектростанции (ВЭС) и солнечные электростанции (СЭС) вырабатывают около 20 % электроэнергии.

Таблица 1. Баланс электрической энергии в ЕЭС России за 2019 г., млрд кВт·ч

| Показатель | 2019 | в % |
|---|---|---|
| Выработка электроэнергии, всего | 1080,6 | *100* |
| в т.ч.: ТЭС | 679,9 | 62,92 |
| ГЭС | 190,3 | 17,61 |
| АЭС | 208,8 | 19,32 |
| ВЭС | 0,32 | 0,03 |
| СЭС | 1,3 | 0,12 |
| Потребление электрической энергии | 1059,4 | 98,04 |

Рис. 3. Структура первичных энергоресурсов в электроэнергетике России

Как следует из табл.1 и рис. 3, в России в генерации электроэнергии преимущественно используются уголь, мазут и природный газ. Это абсолютно не похоже на европейскую модель энергетики, которая в полной мере использует возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

## Сравнение экономических показателей

Чтобы сравнить экономичность бензинового автомобиля и электрокара, требуется выполнить их подбор с аналогичными мощностями двигателей. Это может быть бензиновый автомобиль с двигателем мощностью около 65 кВт, что отвечает приблизительно объему 1,0 л с расходом бензина до 4,5 л/100 км. Такими автомобилями могут быть: Smart Fortwo, Peugeot 208, Opel Corsa.

Аналогами-электрокарами могут быть марки Citroën C-Zero, Mitsubishi i-MiEV и Peugeot iOn с паспортным расходом электроэнергии 125 Вт·ч/км или 12,5 кВт·ч/100 км. Однако двухлетнее исследование Института транспорта Технического университета Дании (Danmarks Tekniske Universitet) показало, что расход электроэнергии электромобилями при движении выше заявляемого производителями почти на 50 %, а именно 183 Вт·ч/км или 18,3 кВт·ч/100 км. Характеристики обоих типов автомобилей представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Характеристики бензиновых автомобилей и электрокаров**

| Бензиновые автомобили | | Электромобили | |
|---|---|---|---|
| | Характеристики | Характеристики | |
| Smart Fortwo | V = 0.9 л,<br>P = 52,2 кВт,<br>G = 4,1 л/100 км | G = 12,5 кВт•ч/100 км<br>(G* = 18,3 кВт•ч/100 км) | Peugeot iOn |
| Peugeot 208 | V = 1,0 л,<br>P = 50,0 кВт,<br>G = 4,5 л/100 км | G = 12,5 кВт•ч/100 км<br>(G* = 18,3 кВт•ч/100 км) | Citroën C-Zero |
| Opel Corsa | V = 1,0 л,<br>P = 66,2 кВт,<br>G = 4,5л/100 км | G = 12,5 кВт•ч/100 км<br>(G* = 18,3 кВт•ч/100 км) | Mitsubishi i-Miev |

Здесь: V — объем двигателя; P — мощность двигателя; G и G* — расход топлива (электроэнергии).

Сравнение энергопотребления разных типов автомобилей можно осуществить, сравнивая показатели в килограммах условного топлива (кг у.т.), для чего используются переводные коэффициенты:

- для бензина 1 кг = 1,41 л = 1,49 кг у.т.;
- для электроэнергии 1 кВт·ч = 0,123 кг у.т.

В таком случае бензиновые автомобили расходуют на 100 км от 4,23 до 4,76 кг у.т., а электромобиль 2,25 кг у.т. Казалось бы, экономичность электрокаров налицо, но не следует забывать, что электроэнергия была получена от другого первичного источника. Поскольку в России на ТЭС вырабатывается почти 63 % электроэнергии (см. рис. 3), то следует рассмотреть использование природного газа, мазута и угля для генерации электроэнергии.

На ТЭС для выработки 1 кВт·ч электроэнергии расходуется около 0,3 кг у.т. (на устаревших объектах около 0,4–0,45 кг у.т.). В таком случае расход условного топлива составит не менее 18,3 × 0,3 = 5,49 кг у.т./100 км, то есть теряется вся экономичность электрокара. И все это при его повышенной стоимости (около 30 тыс. евро), проблемами с заправками и техобслуживанием, ограниченностью хода до заправки (100–150 км), меньшим комфортом, чем в бензиновых автомобилях. Следует знать, что включенный кондиционер в электромобиле снижает уровень заряда батареи на 25 %, отопитель — на 45 %. При динамичной езде каждый километр пройденного пути можно смело приравнивать к 1,5 км проезда. Однако производители заверяют, что среднестатистический европейский водитель за день проезжает не больше 60 км. А значит, заряда батареи должно гарантированно хватить при любых дорожных условиях.

Автоматика электромобиля заранее предупреждает водителя о том, что электричество «заканчивается». Когда уровень заряда падает примерно до 17 % — зажигается индикатор. При дальнейшем разряде принудительно отключится кондиционер или отопитель и будет снижено напряжение, подаваемое на электродвигатель. Когда батарея будет на грани полного истощения, машинка будет двигаться к ближайшему электроисточнику с пешеходной скоростью. Зарядка от бытовой сети займет 6 часов, от специальных — 380-вольтовых терминалов — 5 минут до 20 % емкости, 30 минут — до 80 %. Но таких терминалов в Европе пока не очень много.

## Загрязнение окружающей природной среды тепловыми электростанциями

Тепловые электростанции (ТЭС) России используют в качестве топлива природный газ (характерно для Европейской части России), каменный и бурый уголь и мазут (характерно для регионов Сибири и Дальнего Востока). В табл. 3 представлены загрязняющие вещества в выбросах ТЭС.

**Таблица 3. Выбросы в атмосферу при сжигании топлива на ТЭС, г/кВт·ч**

| Загрязнители | Виды топлива | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Каменный уголь | Бурый уголь | Мазут | Природный газ |
| $SO_2$ | 6,0 | 7,7 | 7,4 | 0,002 |
| Твердые частицы | 1,4 | 2,4 | 0,7 | |
| NOx | 21,0 | 3,45 | 2,45 | 1,9 |

**Таблица 4. Количество выбросов $CO_2$ при сжигании 1 кг топлива**

| Виды топлива | Объем выбросов $CO_2$, кг |
|---|---|
| Уголь каменный | 2,29 |
| Уголь бурый | 1,45 |
| Природный газ | 1,88 |
| Мазут | 3,16 |

Как следует из анализа таблицы, при сжигании угля и мазута образуется значительное количество оксидов серы и азота, что вызывает в дальнейшем «кислотные» дожди. В том числе и природный газ, считаясь экологически чистым топливом, при сжигании образует окислы азота. Дело в том, что оксиды азота, примерно в 10 раз более опасны, чем угарный газ, который является смертельно опасным врагом человека. Кроме того, следует учесть и выбросы $CO_2$, повышение концентрации которого в атмосфере приводит к так называемому «парниковому эффекту», что является, по мнению экологов, одной из главных причин глобального потепления. В табл. 4 представлены данные о выбросах $CO_2$ от работающих ТЭС в зависимости от видов топлива.

В табл. 5 приведены данные по загрязняющим веществам в выхлопных газах автомобилей.

**Таблица 5. Состав выхлопных газов автомобилей**

| Загрязнители | Бензиновые двигатели | Дизельные двигатели |
|---|---|---|
| Азот, % | 74–77 | 76–78 |
| Кислород, % | 0,2–8,0 | 2–18 |
| Пары воды, % | 3–5,5 | 0,5–4,0 |
| Диоксид углерода, % | 5–12 | 1–10 |
| Оксид углерода, % | 0,1–10,0 | 0,01–0,50 |
| Углеводороды CH (суммарно), % | 0,2–3,0 | 0,01–0,50 |
| Альдегиды, % | 0,0–2,0 | 0,0–0,009 |
| Диоксид серы, мг/м$^3$ | 0,0–0,002 | 0,0–0,03 |
| Сажа, мг/м$^3$ | 0,0–40 | 0,1–1100 |
| Бенз(а)пирен, мг/м$^3$ | 10–20 | 0,0–10 |

Необходимо отметить, что первые 4 компонента смеси выхлопных газов нетоксичны, токсичными являются остальные 6 компонентов, но в новых автомобилях их роль может быть сведена к нулю или минимальным значениям. В России с 2016 года действует стандарт по загрязнениям от бензиновых автомобилей Евро-5 (по этому типу автомобилей он соответствует нормативам Евро-6):

- загрязнение угарным газом (CO) — 1 г/км;
- загрязнение углеводородами (CH) — 0,1 г/км;
- загрязнение окислами азота ($NO_x$) — 0,06 г/км;
- загрязнение взвешенными частицами (PM) — 0,005 г/км.

На основании таблиц 3, 4 и стандарта Евро-5 можно составить сравнительную таблицу по загрязнению автомобилями различных типов на 100 км пробега.

**Таблица 6. Количество выбросов в граммах от автомобилей и ТЭС на 100 км пробега автомобиля**

| Загрязнители | Бензиновые автомобили | ТЭС по выработке электроэнергии с топливом | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Каменный уголь | Бурый уголь | Природный газ | Мазут |
| CO | 100 | 90,0 | 106,6 | 44,0 | 39,3 |
| CH | 10 | — | — | — | — |
| $NO_x$ | 6 | 384,3 | 63,1 | 34,8 | 44,8 |
| PM | 0,5 | 25,6 | 43,9 | — | 12,8 |
| $SO_2$ | — | 109,8 | 140,9 | 0,04 | 135,4 |

Как следует из анализа табл. 6, при генерации электроэнергии на ТЭС (особенно угольных) выделяется большое количество токсичных веществ, оказывающих негативное влияние на здоровье человека. Бензиновые автомобили, имеющие нормы токсичности по Евро-5, имеют значительно меньшие показатели и соответственно более высокую экологичность.

## Выводы

1. Говоря об экологической чистоте электромобилей, следует знать, какой источник генерации электроэнергии используется. В странах с «зеленой энергетикой», где активно внедряются возобновляемые источники энергии, использование электромобилей не наносит ущерба окружающей природной среде, так как отсутствуют загрязняющие выбросы.
2. В случаях генерации электроэнергии на ТЭС возникает необходимость снижения объема загрязняющих выбросов (особенно при использовании угля). Этому могут способствовать: постепенное внедрение возобновляемых источников энергии, переход на другие виды топлива (природный газ), внедрение более высокотехнологичных процессов на ТЭС (парогазовый цикл), снижение токсичных выбросов с применением современных методов их отсечки от окружающей природной среды. ЭS