

Появление электромобилей в нашей стране является лишь стремлением быть первооткрывателем. Сказать, что в ближайшие 10 лет в республике резко возрастет количество электромобилей, наверное, нельзя. Для этого необходимо решить ряд вопросов, связанных с обустройством инфраструктуры, и вводом в силу законов в разделе экологии. Но экологические вопросы в стране на данный момент на втором плане.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт компании Nissan [Электронный ресурс] / Презентация электромобиля Nissan Leaf. – 2015. – Режим доступа: <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/?next=header.vehicles.postcard.vlp.image>. Дата доступа: 14.09.2015.
2. Официальный сайт компании Citroen [Электронный ресурс] / Citroën C4 Sedan. Описание модели. – 2015. – Режим доступа: <http://citroen.by/page.php?id=275>. Дата доступа: 14.09.2015.
3. Официальный сайт компании Mitsubishi Motors [Электронный ресурс] / Инновационный MITSUBISHI i-MiEV.– 2015. – Режим доступа: <http://www.mitsubishi-motors.ru/auto/imiev/> : Дата доступа: 14.09.2015
4. Официальный сайт компании Peugeot [Электронный ресурс] / Новый peugeot 208. Настоящая революция. – 2015. – Режим доступа: <http://peugeot.by/page.php?id=35> : Дата доступа: 14.09.2015.
5. Сайт компании Беларуснефть [Электронный ресурс] / Изменение цен на топливо.– 2015. – Режим доступа: <http://www.belorusneft.by/sitebeloil/ru/center/azs/center/fuelandService/price>: Дата доступа: 12.12.2014.

УДК 338.47

#### ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

**А.С. ПОДЛОЗНЫЙ, А.В. ЛАВРЕНТЬЕВ**  
(Представлено: Е.С. ЖДАНОВА)

*Рассмотрен вопрос экологичности эксплуатации электромобилей. Для этого проведено сравнение автомобиля с двигателем внутреннего сгорания с электромобилем со схожими техническими параметрами. Рассчитаны энергозатраты на перемещение автомобилей по городу и автомагистрали, а также учитываются энергозатраты на производство топлива и электроэнергии.*

Максимальный коэффициент полезного действия (КПД) современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) находится в диапазоне 30–45%. Электрический КПД энергетических установок на ТЭЦ и КЭС составляет примерно 25–40% – именно столько в теории дойдет до розетки потребителя. Однако даже в этом случае эксплуатация электромобилей может оказаться экологически выгодной. Но для этого нужно увидеть всю картину целиком.

Следует начать со структуры энергетического комплекса страны. Основная часть электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях, где основным топливом служит газ или уголь. А оставшаяся часть – на ГЭС и в рамках использования возобновляемых источников энергии, что можно условно считать экологически чистым. И если электромобиль эксплуатируется в регионе с подобной «экологичной энергетикой», то можно считать цель достигнутой.

В противном случае нужно учесть много различных нюансов. Для этого рассчитаем общие энергозатраты на передвижение автомобиля с ДВС и электромобиля.

Для начала посчитаем, сколько энергии надо потратить на то, чтобы некий автомобиль с бензиновым двигателем преодолел определенный участок пути. Свой расчет ограничим моментом поступления сырой нефти на нефтеперерабатывающий завод, а все дальнейшие энергозатраты будем округлять и давать им приблизительную оценку. Таким образом, откинем в сторону энергозатраты на добычу, первичную очистку и транспортировку энергоресурсов. В отношении дальнейших аналогичных расчетов для ТЭЦ и ГРЭС будем считать, что добыча и транспортировка газа и угля (как некая средняя величина) примерно эквивалентна таковой для нефти. Разумеется, это некоторые условности, которые позволят упростить подсчеты.

Итак, в качестве примера возьмем энергозатраты на перемещение автомобиля класса В+ с автоматической коробкой передач в городе и на автомагистрали со скоростью 120 км/ч. Пусть это будет новый Honda Civic с двигателем 1,8 л и гидромеханическим автоматом. В первом случае расход топлива возьмем из тестового цикла ARDC, который имитирует городскую езду. В результате получился расход в

10,17 л на 100 км. В случае для автомагистрали – некое усредненное значение по отзывам владельцев, которое не превышает 7 л на 100 км. Эту цифру и будем использовать для дальнейших расчетов.

Итак, удельная теплота сгорания бензина составляет около 43 МДж на килограмм. При плотности в 710 кг/м<sup>3</sup> получаем суммарные энергозатраты на пробег в 100 км в 305 МДж для городского цикла ARDC и 214 МДж для автомагистрали.

К этим цифрам необходимо добавить затраты на переработку нефти. На самом деле они весьма невелики. Для обеспечения полного процесса переработки одной тонны нефти на среднестатистическом НПЗ требуется энергия, эквивалентная сжиганию 60 кг сырой нефти (данные взяты из доклада сотрудников компании Sulzer AG). При удельной теплоте сгорания 1 кг нефти в 41 МДж и 50%-ном выходе бензина получим прибавку к энергозатратам на перемещение авто в 35 МДж и 25 МДж соответственно. На всякий случай приведем этот расчет в цифрах для автомагистрали:  $(60 \times 41 / 500) \times 7 \times 0,71 = 24,4524$ .

Итоговые энергозатраты составят  $305 + 35 = 340$  МДж и  $214 + 25 = 239$  МДж соответственно. А теперь посчитаем аналогичные цифры для электромобиля.

Для расчета энергозатрат перемещения электромобиля возьмем новую экономичную модель Kia Soul EV. В цикле ARDC ей требуется 23,7 кВт·ч. При движении по автомагистрали со скоростью 120 км/ч расход повышается до 30,9 кВт·ч на 100 км. Эти цифры получены в теплое время года без учета работы отопителя. Потому осмелимся сделать предположение, что 5-киловаттный отопитель в годовом цикле в среднем добавит к расходу энергии электромобиля примерно 10%. В итоге у нас получаются цифры 26 и 34 кВт·ч.

А теперь обратимся к зарядке тяговой батареи. Типичный КПД этого процесса для литий-ионных аккумуляторов составляет 80-85%. Это подтверждается замерами при тесте Mitsubishi Outlander PHEV. Часть энергии при этом идет на нагрев батарей и инверторов, а также их принудительное охлаждение. Добавив 15% потерь, у нас получится 30 и 39 МДж для каждого типа пробега.

Далее рассмотрим работу ТЭЦ и ГРЭС. В качестве живого примера возьмем данные из пресс-релиза Минэнерго Белоруссии. В нем есть цифры реального расхода топлива для выработки 1 кВт·ч на Лукомльской ГРЭС. Топливо – природный газ, для которого средняя удельная теплота сгорания равна 31 МДж на кг. С учетом маневренности расход составляет примерно 313 г. На станции имеется восемь энергоблоков, половина из которых была модернизирована в период 2006-2010 годов. Таким образом, для выработки 1 кВт·ч надо сжечь топлива с выделением 9,7 МДж. Однако эта цифра выражает выход энергии непосредственно на самом энергоблоке. Далее электричество нужно довести до потребителя, где на преобразование и передачу потеряется 5–10%. Если взять по минимуму, то 9,7 МДж превращаются в 10,2 МДж.

Применительно к электромобилю это означает, что для преодоления 100 км в цикле ARDC надо сжечь на станции топлива на 306 МДж и 398 МДж для автомагистрали.

Усредним полученные цифры для циклов ARDC и автомагистрали. Таким образом энергозатраты на перемещение автомобиля с ДВС у нас получаются на уровне 290 МДж на 100 км. В случае с электромобилем в самом оптимистичном варианте – 352 МДж. В итоге бензиновые авто в энергетическом плане получаются на 20% экономичнее.

Также вычислим энергетическую рентабельность электромобилей с учетом усреднения структуры энергетического комплекса (учтем использование «экологичной» энергии). Таким образом, получаем значение в 235 МДж. Сопоставив это значение с таковой у ДВС, получим, что электромобили на 23% менее затратны.

Итак, при сегодняшнем состоянии топливно-энергетического комплекса в экологическом и экономическом плане замена бензиновых автомобилей электромобилями – вопрос спорный. Хотя электромобили формально получают чище, если брать среднее значение выбросов с учетом структуры ТЭК всей страны, но обойдутся они заметно дороже. Но с другой стороны выбросы вредных веществ будут концентрироваться не внутри мегаполисов (80% загрязнения воздуха приходится на автотранспорт), а рассеиваться по округе. Однако еще одним препятствием массового внедрения электромобилей является недостаточно развитая инфраструктура зарядных станций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукомльская ГРЭС в январе-ноябре увеличила выработку электроэнергии на 30% [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства энергетики. – 2015. – Режим доступа: <http://www.minenergo.gov.by/ru/news/min?id=826>. – Дата доступа: 15.09.2015.
2. Воздействие двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду [Электронный ресурс] / Грязный воздух одна из важных проблем. – 2015. – Режим доступа: <http://euregesundheit.narod.ru/index/0-41>. – Дата доступа: 15.09.2015.

3. Первый представитель электромобилей и всего электрического транспорта в Беларуси [Электронный ресурс] / Электромобили уже в Минске. 2015. – Режим доступа: <http://e-cars.by>. – Дата доступа: 16.09.2015.

УДК 338.47

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЯ НА ДИЗЕЛЬНОМ И ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

**С.В. КИЗИНА, В.О. КИРЮШКИН**  
(Представлено: Е.С. ЖДАНОВА)

*Повышение конкурентоспособности за счет снижения тарифа на перевозку – один из важнейших вопросов, стоящих перед любым автотранспортным предприятием. Решить данную проблему возможно за счет сокращения затрат на топливо. Приведена оценка эффективности работы автомобиля на газодизельном топливе по сравнению с автомобилем, работающим на дизельном топливе. Определены преимущества и недостатки использования двигателей на газодизельном топливе.*

В настоящее время у перевозчиков существует одна серьезная проблема – как снизить тариф на перевозку и тем самым повысить свою конкурентоспособность на рынке услуг. Существует множество подходов к решению этой проблемы. В частности, это можно сделать за счет перевода грузовых автомобилей с дизельного топлива на газодизельную смесь.

Для оценки эффективности этого мероприятия, был проведен сравнительный технико-экономический анализ работы автопоезда в составе автомобиля КамАЗ-5511-13 и прицепа ГКБ-8527 при использовании им дизельного топлива и газодизельной смеси. Расчеты выполнялись при условии движения автомобиля с полной загрузкой и скоростью 80 км/ч по прямолинейному участку дороги протяженностью в 100 км и следующих исходных данных (табл. 1).

Таблица 1

Объем бака автомобиля и стоимость дизельного топлива и газа

Параметры	Вид топлива	
	Дизельное топливо	Газ
Цена топлива за 1л, руб	12300	6300
Объем бака автомобиля, л	250	120

По данным ФГУП НИИАТ расход дизельного топлива для рассматриваемого автопоезда составляет 38 л/100 км, а при использовании газодизельной смеси – 10 л дизельного топлива и 30 л газа метана. С учетом цен на топливо, использование газодизельной смеси в рассматриваемом примере позволит сэкономить на каждые 100 км пробега автопоезда – 155400 руб.

Расчеты выполнены при условии, что автомобиль работает на линии 233 дня в году, а его простой для выполнения технических обслуживаний не превышает 22 дней. По результатам расчетов получается, что переоборудование автомобиля окупится в течение года, а за оставшиеся до конца года дни эксплуатации переоборудованный автомобиль сможет принести предприятию чистую прибыль. Это позволяет констатировать, что переоборудование автомобиля на газодизельную смесь дает перевозчику ощутимый экономический эффект и большую уверенность на рынке транспортных услуг.

Вместе с тем автотранспортные предприятия не спешат проводить широкомасштабное переоборудование автомобилей на работу на газодизельной смеси. В настоящее время, одной из основных причина этого является слабо развитая сеть автогазозаправочных станций (АГЗС). При движении автомобиля на газодизельном топливе основным источником энергии является газ метан, дизельное топливо служит только для поджога смеси, поэтому основной расход топлива приходится на газ. Стандартное газовое оборудование для автомобиля КамАЗ-5511-13 состоит из 10 баллонов, весом 94 кг каждый и общей емкостью 120 л, и газовой установки весом 25 кг. При указанных выше расходах газа и дизельного топлива на 100 километров пробега автомобиля, оснащенного газодизельной установкой, можно легко подсчитать, что газа в баллонах хватит примерно на 400 км. Очевидно, что наибольший эффект от использования автомобилей, переоборудованных для работы на газодизельной смеси, будет в регионах с развитой сетью АГЗС. В нашей области это г. Витебск и города Верхнедвинск и Полоцк, расположенные соответственно в 170 и 111 км., от центра г. Витебска и, имеющие свои АГЗС. К сожалению, в целом по Витебской области количество АГЗС явно недостаточно, что является существенным сдерживающим факто-