

**Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент, Булко М.И., ст. преподаватель,  
Ожелевский А.В., старший преподаватель  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь**

## **К ВОПРОСУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

**Ключевые слова:** энергоэффективность, электропривод, электро-мобили, гибридные автомобили, ДВС, аккумуляторные батареи.

**Аннотация:** проведен расчет энергоэффективности электро-мобилей и гибридных автомобилей с параллельной схемой включения силовых установок.

В последние два десятилетия наблюдается тенденция к увеличению выпуска электромобилей (электрокар) основными производителями легковых автомобилей (Ford (Fokus Electric), Nissan (Leaf), Toyota (RAV4EV), Tesla (Roadster и Model S) и др.). Это связано со многими причинами, но в первую очередь – с ужесточением требований стран Европейского союза (ЕС) по выбросу токсичных веществ (ТВ), обработанных газов (ОГ) автотранспорта в атмосферу, особенно в крупных городах. Так, за два десятилетия Евростандарт по экологии менялся 5 раз с Евро-2 до Евро-6.

Электромобили относятся к малотоксичным транспортным городским средствам, основными конструктивными элементами которых являются: тяговый электродвигатель (один или несколько), питание электродвигателя, инвертор, бортовое зарядное устройство, преобразователь постоянного тока, электронная система управления, механическая трансмиссия (одноступенчатый редуктор). Питание тягового трехфазного асинхронного (синхронного) электродвигателя переменного тока осуществляется от солнечной батареи, топливных элементов, аккумуляторной батареи (АБ) или батареи ионисторов (БИ). Наибольшее распространение получили электромобили с АБ и БИ. Эксплуатация электромобиля экономически выгодна в странах, где производство электроэнергии в меньшей степени зависит от невозобновляемых источников топлива и имеются избытки электрической энергии. В настоящее время РБ экспортирует электроэнергию

из РФ и Украины, но с вводом в эксплуатацию первой очереди АЭС в РБ картина изменится. Значительные избытки электроэнергии в ночные часы (до 64 %) при номинальном режиме работы АЭС можно компенсировать за счет зарядки АБ электромобилей в ночное время [3]. Данные избытки электроэнергии в ночные часы можно компенсировать введением понижающих тарифов на электроэнергию в ночные часы для населения и предприятий, минимизация расхода природного газа на многих ТЭЦ. Сдерживают массовое производство электромобилей в мире: высокая стоимость электромобиля и АБ; ограниченная автономность; значительное время зарядки аккумуляторов; увеличение веса автомобиля за счет веса АБ; экологические проблемы утилизации АБ [1–3].

Энергетическая эффективность электромобиля оценивается по КПД электропривода:  $\eta_{п} = \eta_{дв} \cdot \eta_{эм} \cdot \eta_{пр}$  ( $\eta_{дв}$  – КПД электродвигателя,  $\eta_{эм}$  – КПД передачи,  $\eta_{пр}$  – КПД преобразования) и удельному расходу топлива  $b = B/N_e$  ( $B$  – расход топлива на выработку электроэнергии,  $N_e$  – эффективная мощность). Для определения коэффициента использования топлива электромобиля, расчета приведенных затрат необходимо знать потери электроэнергии во всей цепочке от замыкающей КЭС до потребителя  $\eta_c = \eta_{кэс} \cdot \eta_{лэп} \cdot \eta_{аб} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{эм} \cdot \eta_{пр}$ . К примеру на Лукомльской ГРЭС  $\eta_{кэс} = 0,4$ , удельный расход топлива  $b = 308$  г у.т./кВт·ч, стоимость природного газа порядка 200 у.е./кг у.т., то получим  $\eta_c = 0,23$  при  $\eta_{кэс} = 0,4$ ,  $\eta_{лэп} = 0,91$ ,  $\eta_{аб} = 0,85$ ,  $\eta_{дв} = 0,9$  при  $N_d = 50$  кВт,  $\eta_{эм} = 0,85$ ,  $\eta_{пр} = 0,98$ . Для паротурбинной АЭС с  $\eta_{АЭС} = 0,32$ , стоимость топлива порядка 38 у.е./кг у.т.,  $\eta_c = 0,21$ . Среди общественного транспорта интерес представляют электробусы с питанием не от АБ, а от БИ, к примеру, электробусы фирмы Hyundai Motors. КПД электропривода электробуса на 10 – 15 % выше КПД электропривода электромобиля.

В гибридных автомобилях малого класса сочетается работа ДВС с тяговым электродвигателем. За счет дополнительной мощности тягового электродвигателя уменьшается мощность ДВС. В отличие от силовой схемы электромобиля в гибридной имеется генератор с приводом от ДВС, ДВС работает в зоне максимальной топливной экономичности. Генератор вырабатывает электрический ток и обеспечивает зарядку АБ и питание обмотки тягового электродвигателя. Гибридные системы включают последовательную, параллельную, комбинированную конструктивную схему гибридных силовых уста-

новок [2, 3]. Большинство производимых гибридных автомобилей относится к параллельным. К основным узлам гибридных автомобилей параллельного типа относятся: ДВС, генератор, электродвигатель, раздаточная коробка передач, инвертор, АБ, блок управления и контроля. При движении по загородной трассе работает ДВС, эффективный КПД карбюраторного ДВС  $\eta_e \approx 0,22$ , происходит зарядка АБ. При движении на подъем работает одновременно ДВС и тяговый электродвигатель и эффективный КПД на валу  $\eta_d = \eta_e + (v \cdot \eta_g \cdot \eta_{AB} \cdot \eta_{пр} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_{преоб})$ , где  $v = N_{езд}/N_e$ ,  $\eta_g$  – КПД генератора,  $\eta_{AB}$  – КПД АБ. Значение  $\eta_d \approx 0,37 \div 0,45$ . При работе в городе движение автомобиля происходит от тягового электродвигателя  $\eta_d \approx 0,20$ . При торможении механическая энергия рекуперирована в электрическую энергию, которая используется для зарядки АБ, при этом возникает интенсивное электромагнитное излучение. Электронный блок управления обеспечивает оптимальные изменения момента сил и скорости вращения вала во всех режимах движения. Расход топлива в 2,0 – 2,4 раза меньше, чем в автомобиле с базовым двигателем, и зависит от типа и мощности ДВС. Количество выбрасываемых ТВ в атмосферу гибридными автомобилями уменьшается на 40 – 45 %, уровень шума понижается на 4 – 6 Дб по сравнению с базовым аналогом, но концентрация ТВ в ОГ не меняется.

В заключении следует отметить, что расчеты параметров энергоэффективности проводились для номинального режима движения и носят оценочный характер.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Падалко, Л.П. Альтернативные энергоносители на автотранспорте / Л.П. Падалко, Ф.Ф. Иванов, В.И. Кузменок. – Минск: Навукова думка, 2017. – 263 с.
2. Пришествие электромобиля наступит скорее, чем мы думаем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rodovid.me.html>. – Дата доступа: 30.10.2017.
3. Соснин, Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2005. – 239 с.