

УДК 629.03

Б.Э. Гаджилы

студент, МАДИ,

тел.: 8(499)155-03-19,

e-mail: byulbyul1413@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрены история возникновения, перспективы, применение и эксплуатация аккумуляторных батарей тяговых электродвигателей, применяемых на электромобилях, сравнение различных типов аккумуляторных батарей и других источников энергии, а также их утилизация и влияние на экологию.

Ключевые слова: аккумулятор, АКБ, электромобиль, аккумуляторная батарея.

Введение

С каждым днем все чаще и чаще мы слышим рассуждения об ухудшении экологии, как в масштабе отдельных городов, так и в мировом, связанные с быстрым ростом количества подвижного состава.

Современные двигатели внутреннего сгорания при сравнительно небольшой массе имеют довольно большую эффективность и надежность, ведь этот вид двигателей использовался и совершенствовался уже более 150 лет. Но как ни прогрессировали системы нейтрализации отработавших газов и процессы сгорания, как ни улучшалось качество топлива и контроль за техническим состоянием автомобиля – двигатель остается серьезным источником загрязнения, в том числе и шумового. Процесс улучшения не может длиться вечно – и в случае с ДВС он почти достиг

своего апогея. Поэтому необходим был совершенно новый вид силовой установки, способный со временем вытеснить большинство привычных нам двигателей внутреннего сгорания и работающий на источнике энергии, альтернативном углеводородному топливу [1–3].

Аккумуляторные батареи для электромобилей

Одно из самых перспективных вариантов решения этой глобальной проблемы – внедрение электромобилей [2]. Разумеется, невозможно мгновенно весь мировой автопарк перевести на электротягу, поэтому на данный момент большую популярность приобрели так называемые «гибриды» – автомобили, приводимые в движение двумя источниками тяги – классическим ДВС и электродвигателем. Самым весомым недостатком, как у гибридов, так и у электромобилей, остаются громоздкие и тяжелые аккумуляторные батареи и, как следствие, небольшая дальность пробега. На первых этапах развития электромобилей, проектируемых «с нуля», а не на базе уже существующих автомобилей принимались меры не только по развитию силовых агрегатов и питающих элементов, но и по снижению сопротивлений, сильно уменьшающих время работы и без того малоёмких и громоздких батарей [8]. Например, компания Michelin и Porsche в 2010 г. начали создание шин с очень низким сопротивлением качению, вплоть до 0,0062, другие ведущие компании создают лакокрасочное покрытие с коэффициентом аэродинамического сопротивления 0,19 и даже 0,18 Cw. Компенсируя большой вес аккумуляторных блоков автопроизводителям приходится сильно снижать массу кузова и других компонентов, что значительно увеличивает стоимость производства.

Одна из множества причин использования традиционных ДВС по сей день – удельная энергетическая характеристика используемого им топлива. На приведенной ниже гистограмме [1] отчетливо видно,

насколько бензин превосходит популярные литий-ионные аккумуляторы и топливные элементы. Топливные элементы – это химические источники тока, которые преобразуют энергию, высвобождаемую в ходе высокотемпературной реакции, в электроэнергию. Обладают малыми габаритами и весом, интенсивной токоотдачей, но их действие не столь продолжительно, как хотелось бы. Для электромобилей могут оказаться перспективными щелочные воздух-алюминиевые топливные элементы, в которых листовой алюминий выступает в качестве расходного ресурса. В топливных элементах такого типа можно легко и быстро сменить реагенты, следовательно – он может быть многоразовым.

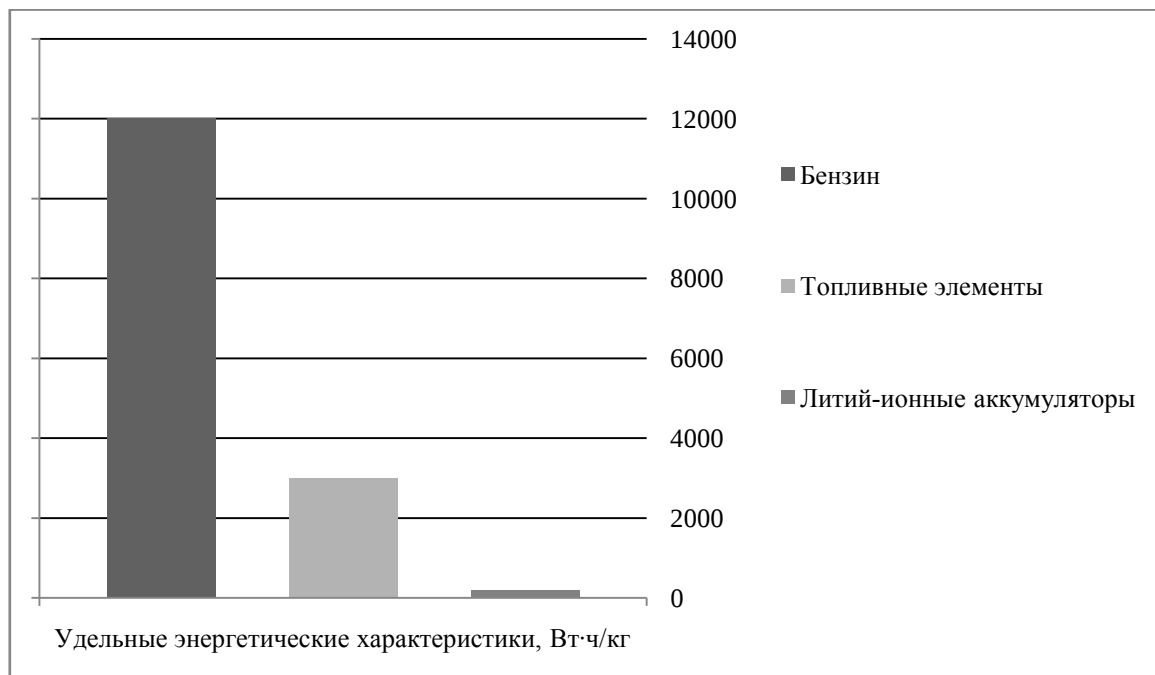


Рис. 1. Удельные характеристики различных источников топлива

Мои исследования едва коснулись свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в качестве перспективных батарей для электромобилей, ввиду их массово-габаритных характеристик, несмотря на то, что они на данный момент занимают первое место в качестве тяговых. Теперь рассмотрим поближе более перспективные типы тяговых батарей электромобилей.

Никель-кадмиевые батареи изобретены Вальдемаром Юнгнером в 1899 г., но в то время не нашли широкого применения ввиду высокой стоимости материала. С 1947 г. стали серийно выпускаться герметичные никель-кадмиевые батареи, в которых газы, образующиеся в процессе заряда, рекомбинируют. К преимуществам можно отнести большое количество циклов заряд-разряд – свыше 1000, длительный срок хранения – до 5 лет, постоянство характеристик при низких температурах. Эти батареи единственные, способные выдержать полную разрядку при большой нагрузке без серьезных последствий, выдавая большую мощность. Заряд предпочтительнее выполнять в виде кратковременного импульса, никель-кадмиевые аккумуляторы не любят длительной зарядки при постоянном токе, нуждаются в периодической полной разрядке – зарядке не реже чем раз в 2–3 месяца. Также проблематична утилизация кадмия – она происходит в печах при высоких температурах, где токсичные вещества должны улавливаться дорогостоящими фильтрами [4].

В 1970-х гг. началась история никель-водородных аккумуляторов компании Comsat, которые были использованы на спутниках ВМС США. Ввиду того, что водород в ячейках находится под большим давлением почти в 83 бара, их корпус был очень тяжелым, плотность энергии невысока [5]. Позже совершенствование никель-водородных батарей родило идею никель-металлгидридных АКБ. Использование водорода в виде гидридов металлов позволило улучшить массо-габаритные характеристики и снизить опасность взрыва батареи при перегреве. В 1980-х гг. технология производства никель-металлгидридных батарей была существенно улучшена, емкость возросла на 40% по сравнению с никель-кадмиевыми, материалы были пригодны ко вторичной обработке, следовательно, не так пагубно сказывались на окружающей среде. Все бы хорошо, но батареи этого типа обычно живут около 500 циклов, хранятся не более 3 лет, обладают высоким саморазрядом, плохо переносят

температуру выше 25°C, требуют специального зарядного устройства для предотвращения перегрева и помимо всего прочего не продаются – корпорация Техасо выкупила патент и не дает лицензий на производство [4].

Наиболее оптимальными для использования являются литий-ионные аккумуляторные батареи, учитывая удельный массовый показатель различных батарей [3].

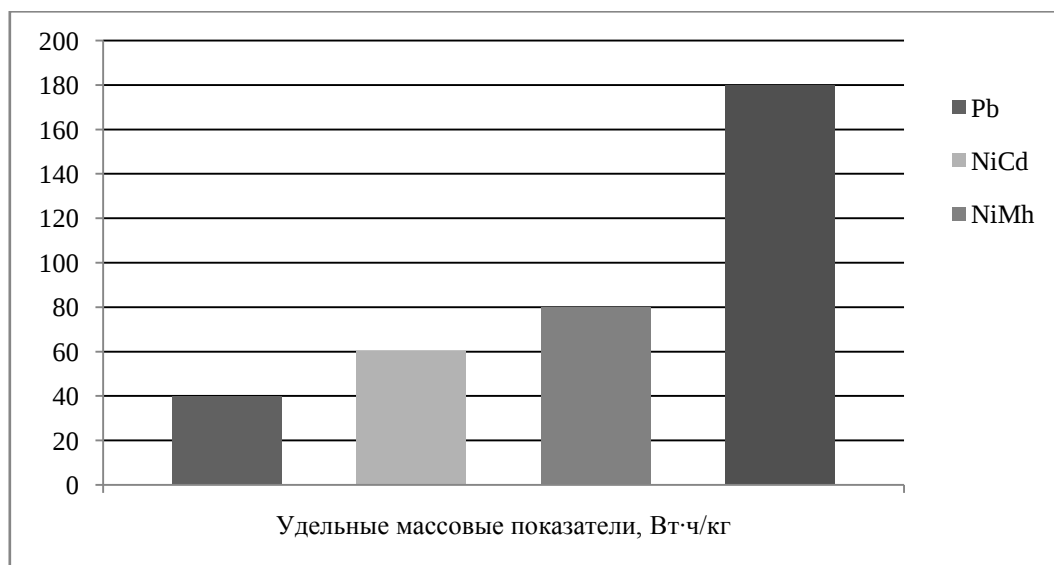


Рис. 2. Удельные массовые показатели различных источников топлива

Таблица 1

Характеристики различных типов аккумуляторов [4, 7]

Характеристики	Pb	NiCd	NiMh	Li-ион	Li-ион полимерный
Дата изобретения первых образцов	1859	1899	1970	1912	1999
Плотность, Вт·ч/кг	30–50	45–80	60–120	110–160	100–130
Максимальное число циклов заряда/разряда	300	1500	500	1000	500
Время заряда, ч	8–16	1	2–4	2–3	2–3
Саморазряд за месяц, %	5	20	30	10	около 10
Напряжение элемента, V	1,5	1,5	1,5	3,6	3,6
Минимальная рабочая температура, °C	–20	–40	–20	–20	0
Необходимость разряжать	2 раза в полгода	1 раз в месяц	1 раз в 3 месяца	нет	нет

Исходя из расчета, для обеспечения количества энергии в размере 15 000 Вт, масса свинцово-кислотной батареи составляет 375 кг, никель-кадмиевой – 250 кг, никель-металлгидридной – 187,5 кг, литий-ионной – 83,3 кг.

Функционирование литий-ионных аккумуляторных батарей [1]

Появление литиевых аккумуляторов датируется 1912 г., в серийное производство же они были запущены в 1970-х гг. Первые образцы были взрывоопасными из-за возможного прораствания дендритообразных кристаллов лития до катода и, как следствие, внутреннего короткого замыкания. Фирма Sony в начале 90-х начала коммерческое использование литий-ионных аккумуляторов, в которых использовался кобальт лития. Позже, в конце 90-х, многие другие фирмы стали производить их из более дешевого сырья. В настоящее время можно отметить следующие преимущества этого типа аккумуляторов: свыше 1000 циклов разряд-заряд, быстрый заряд в течении 40 мин., высокое напряжение на элементе – до 3,6 В, что в 2–3 раза выше чем у других видов, низкий саморазряд – до 5% за месяц, приличная плотность энергии среди других аккумуляторов.

Как и во всем, не бывает положительных сторон без отрицательных. За все преимущества литий-ионных батарей приходится платить. Производство лития ограничено на сегодняшний день, его запасы могут так же внезапно снизиться до критической отметки, как в случае с нефтяными ресурсами. В 2008 г. лития добыто примерно в два раза больше, чем за все предшествующее десятилетие. Кроме того, спрос на него растет на 6–7% в год, по прогнозам темп роста будет неуклонно расти. Это без учета потребностей производителей гибридных и электрических транспортных средств.

Батареи этого типа быстро стареют, даже если их не эксплуатировать – произведенный полгода назад аккумулятор может потерять до 10%

некоторых из заявленных характеристик. При механическом повреждении оболочки батареи может произойти взрыв. Следует учитывать температурный фактор при эксплуатации – низкие температуры способствуют быстрому разряду, что особенно актуально в нашей стране, а заряд аккумуляторной батареи может производиться только при положительных температурах, что сведет на «нет» попытки сделать что-то вроде зарядных станций на парковках торговых центрах, заправках и т.п. Также отталкивает сравнительно высокая стоимость таких аккумуляторов, но прогресс вскоре должен сделать ее более приемлемой для использования на электромобилях.

Также есть некоторые трудности, связанные с их эксплуатацией. При заряде возможно катодное выделение лития в виде мелкораздробленного осадка, в таком состоянии литий обладает высокой реакционной способностью по отношению к электролиту, и в случае повышения температуры может привести к неконтролируемым химическим реакциям и еще более сильному нагреву АКБ. При большой разности потенциалов между положительным и отрицательным электродом начинается газовыделение, разрушение электролита, повышается давление и может произойти воспламенение аккумулятора.

Согласно данным ОАО «НИАИ «ИСТОЧНИК» [6] литий-ионный аккумулятор цилиндрической формы диаметром до 100 мм или призматической, толщиной до 100 мм с температурой содержимого 100°C снаружи имеет температуру около 75°C, и эти значения являются максимально допустимыми. Максимальное давление внутри аккумулятора при нештатной ситуации может достигать 8 атмосфер. Эти эффекты, называемые тепловым разгоном, возникают при длительной перезарядке аккумулятора. Такие неисправности наблюдались с некоторыми мобильными устройствами при неправильном использовании. При неконтролируемом же разряде возможна иная проблема – отрицательный

электрод может потерять способность к заряду, также может произойти переполюсовка электродов. В этом случае аккумуляторная батарея не может быть восстановлена.



Рис. 3. Тепловой разгон на примере аккумулятора мобильного устройства

Китайские разработчики в одном источнике энергии соединили два совершенно противоположных устройства – конденсатор и аккумулятор. Если рассматривать аккумулятор – то он способен длительное время держать заряд, но его недостаток состоит в том, что его приходится заряжаться очень долго, по несколько часов. Конденсатор же в свою очередь заряжается очень быстро, но также быстро и разряжается. Поэтому было решено совместить преимущества каждого устройства, благодаря этому в скором времени следует ожидать появления гибрида, объединившего в себе суперконденсатор и мощный литий-ионный аккумулятор. Впервые об этом заговорили компании Maxwell Technologies и Tianjin Lishen Battery [8].

Несколько интересных фактов по теме [8]

– Самый большой в мире аккумулятор, находящийся в Китае, способен хранить до 36 мегаватт часов электроэнергии, каждый отсек его с настоящее футбольное поле. Он имеет запас электроэнергии, способный обеспечить 12 000 в течение одного часа.

– Впервые максимальная скорость свыше 100 км/ч была достигнута в городе Ашер, во Франции, на электромобиле La Jamais Contente, созданным бельгийцем Камилом Женатци.

– До 70 тыс. электромобилей стояло на вооружении таксопарка в Нью-Йорке в 1910-х гг. Помимо этого электромобили применялись на почте в том же Нью-Йорке и других городах США.

– Первый в мире аккумулятор изобретен в 1859 г. во Франции Гастоном Планте.

– Одна пальчиковая батарейка способна отравить 400 л воды и около 20 м² почвы.

– Первый электромобиль был создан Томасом Давенпортом в 1835 г. в США.

Выводы

Стремление человека к поиску решения проблем экологии и интенсивного расходования природных ресурсов, используемых автомобильной промышленностью на протяжении многих лет, дают свои плоды – появляются все более новые и в каких-то смыслах более совершенные типы аккумуляторных батарей. Флагманы производства электромобилей используют преимущественно литий-ионные аккумуляторные батареи, но ввиду интенсивного развития этой отрасли промышленности и новых научных достижений их позиция не так тверда, как кажется. Остается ждать новых идей, решающих главные проблемы конструкции и эксплуатации электромобилей.

Литература

1. Хечинашвили А. Система контроля и управления источником энергии тягового привода электромобиля. М., 2006. 175 с.

2. Шугуров С.Ю. Электромобиль с комбинированной энергоустановкой и накопителями энергии. М., 1999. 225 с.
3. Серафимов А.М. Исследование влияния альтернативных источников энергии автомобиля на технико-экономические показатели. М., 2008. 155 с.
4. URL: <http://sdisle.com/>
5. URL: <http://www.battery-industry.ru/>
6. URL: <http://niai.ru/>
7. URL: <http://batteryuniversity.com/>
8. URL: <https://ru.wikipedia.org>

References

1. Hechinashvili A. Sistema kontrolja i upravljenja istochnikom yenergii tjugovogo privoda yelektromobilja (Control system and control the source of energy for traction drive electric vehicle), Moscow, 2006. 175 p.
2. Shugurov S.U. Yelektromobil' s kombinirovannoi yenergoustanovkoi i nakopiteljami yenergii (Electric vehicle with a combined power plant and energy storage), Moscow, 1999. 225 p.
3. Serafimov A.M. Issledovanie vlijanija al'ternativnyh istochnikov yenergii avtomobilja na tehniko-yekonomicheskie pokazateli (Investigation of the influence of alternative energy sources car on technical and economic indicators), Moscow, 2008. 155 p.
4. URL: <http://sdisle.com/>
5. URL: <http://www.battery-industry.ru/>
6. URL: <http://niai.ru/>
7. URL: <http://batteryuniversity.com/>
8. URL: <https://ru.wikipedia.org>

B. Hajili

The study of the batteries of electric vehicles

Annotation. The article describes the history of the origin, the prospects, the use and operation of batteries traction motors used on electric vehicles, the comparison of different types of batteries and other energy sources, as well as their utilization and impact on the environment.

Key words: battery, electric vehicle battery.