

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛИТИЙ–ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Сараева И.Ю.<sup>1</sup>, Стародубцов А.А.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Рассмотрены конструктивные особенности литий-ионных аккумуляторных батарей для автомобильного транспорта, их основные неисправности и причины возникновения, основные диагностические параметры, правила эксплуатации и рекомендации по увеличению срока службы гибридных и электро-автомобилей.

**Ключевые слова:** литий-ионная батарея, электроавтомобиль, гибрид, диагностика, неисправность, эксплуатация, срок службы.

### Введение

На протяжении нескольких лет в связи с повышением экономичности и экологичности автомобилей были внедрены в массовое производство электроавтомобили и гибридные автомобили. В мире их стремительное количество с каждым годом всё больше растёт, и Украина - не исключение. Сегодня в больших населённых пунктах на дорогах общего пользования можно увидеть такой гибридный автомобиль как Toyota Prius, на котором ездит патрульная полиция Украины, такси-электроавтомобиль Nissan Leaf и другие. Для владельцев этих автомобилей важно разобраться с особенностями технического обслуживания электроавтомобилей. В основном на большинстве электроавтомобилей и гибридных автомобилях очень надёжная силовая установка. Например, компания Tesla Motors, которая производит электроавтомобили марки Tesla, даёт своим клиентам гарантию на автомобиль до восьми лет, что объясняется надёжной силовой установкой. Но некоторые из владельцев после приблизительно 30–60 тыс. километров пробега жалуются на уменьшение ёмкости батареи, таким образом уменьшается запас хода электрокара. Поэтому в этой статье описано какие бывают основные неисправности литиевых аккумуляторов, как можно их предотвратить, как правильно заряжать электрокар для продления срока службы батареи.

### Анализ публикации

В работе дано теоретическое обоснование конструктивным особенностям литиевых аккумуляторов [1]. Приведены примеры применения современных литий–ионных аккумуляторных батарей и их характеристики на электро-

мобилях Nissan Leaf и Tesla Model S [2,3]. Проведён анализ диагностики неисправностей современных аккумуляторных батарей электроавтомобилей [4]. Рассмотрены правила эксплуатации литий–ионных батарей на электроавтомобилях [5].

### Цель и постановка задачи

Цель статьи – рассмотреть основные конструкции и модификации литий-ионных батарей и определить правила технической эксплуатации этих батарей на гибридных и электроавтомобилях.

Задачи: анализ конструктивных особенностей литий–ионных батарей, исследования правил и анализ диагностических параметров и правил технической эксплуатации литий–ионных батарей на автомобильном транспорте.

### Конструктивные особенности литиевых аккумуляторов

Литий-ионные аккумуляторы являются самыми перспективными для использования в качестве тяговых батарей для электротранспорта. Технология производства литий-ионных аккумуляторов постоянно совершенствуется, совершенствуются характеристики, уменьшается стоимость производства аккумуляторов. И так, из чего состоит литий–ионные аккумуляторы?

Конструктивно Li-ion аккумуляторы, как и щелочные (Ni-Cd, Ni-MH), производятся в цилиндрическом и призматическом вариантах. В цилиндрических аккумуляторах свернутый в виде рулона пакет электродов и сепаратора помещен в стальной или алюминиевый корпус, с которым соединен отрицательный электрод.

Положительный полюс аккумулятора выведе-

ден через изолятор на крышку (рис. 1). Призматические аккумуляторы производятся складыванием прямоугольных пластин друг на друга. Призматические аккумуляторы обеспечивают более плотную упаковку в аккумуляторной батарее, но в них труднее, чем в цилиндрических, поддерживать сжимающие усилия на электроды. В некоторых призматических аккумуляторах применяется рулонная сборка пакета электродов, который скручивается в эллиптическую спираль (рис. 2). Это позволяет объединить достоинства двух описанных выше модификаций конструкции.



Рис. 1. Устройство литий-ионного (Li-ion) аккумулятора

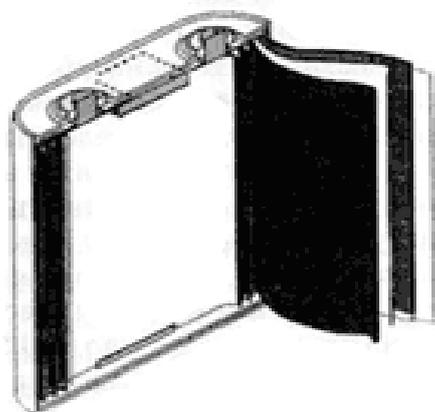


Рис. 2. Устройство призматического литий-ионного (Li-ion) аккумулятора с рулонной скруткой электродов

Некоторые конструктивные меры обычно предпринимаются и для предупреждения быстрого разогрева и обеспечения безопасности работы Li-ion аккумуляторов. Под крышкой аккумулятора имеется устройство, реагирующее на положительный температурный коэффициент увеличения сопротивления, и другое, которое разрывает электрическую связь между катодом и положительной клеммой при

повышении давления газов внутри аккумулятора выше допустимого предела.

Для повышения безопасности эксплуатации Li-ion аккумуляторов в составе батареи обязательно применяется также и внешняя электронная защита, цель которой не допустить возможность перезаряда каждого аккумулятора, короткого замыкания и чрезмерного разогрева.

Большинство Li-ion аккумуляторов изготавливают в призматических вариантах, поскольку основное назначение Li-ion аккумуляторов - обеспечение работы сотовых телефонов и ноутбуков. Как правило, конструкции призматических аккумуляторов не унифицированы и большинство фирм-производителей сотовых телефонов, ноутбуков и т.д. не допускают применение в устройствах аккумуляторов посторонних фирм.

Разноименные электроды в литиевых и литий-ионных аккумуляторах разделяются сепаратором из пористого полипропилена.

Конструкция Li-ion и других литиевых аккумуляторов, как и конструкция всех первичных источников тока ("батареек") с литиевым анодом, отличается абсолютной герметичностью. Требование абсолютной герметичности определяется как недопустимостью вытекания жидкого электролита (отрицательно действующего на аппаратуру), так и недопустимостью попадания в аккумулятор кислорода и паров воды из окружающей среды. Кислород и пары воды реагируют с материалами электродов и электролита и полностью выводят аккумулятор из строя. Технологические операции производства электродов и других деталей, а также сборку аккумуляторов проводят в особых сухих комнатах или в герметичных боксах в атмосфере чистого аргона. При сборке аккумуляторов применяют сложные современные технологии сварки, сложные конструкции гермовыводов и т.д.

### Применения современных литий-ионных аккумуляторных батарей на электромобилях

При создании гибридов и электромобилей разработчики все чаще применяют литий-ионные батареи. Во-первых, это связано с их лучшим весовым качеством, отношением запасенной энергии к массе. Современные батареи, применяемые на автомобилях, способны вмещать 0,8-2,6 кВт·ч на килограмм собственного веса. Во-вторых, они допускают более глубокий заряд и разряд. Если для никель-металлгидридного аккумулятора оптимальный

диапазон зарядки составляет от 40% до 60%, то есть всего 20% общей емкости, то для литий-ионной она в 2,5 раза больше: от 25% до 75%. Срок их службы больше. Например, гарантия на литий-ионную батарею французской фирмы «SAFT» составляет 10 лет, а на никель-металлгидридную производства «Panasonic» – только 8 лет. Есть у литий-ионных батарей и существенные недостатки. Во-первых, невозможность реанимировать полностью разряженный аккумулятор. Во-вторых, для работы им нужно обеспечить узкий температурный диапазон от 25 до 45 градусов. Если их не согревать зимой, емкость упадет на треть при  $-10$ , и на половину при  $-20$  градусов. Летом еще опаснее: при 55–60 градусах аккумуляторы начинают разрушаться – их приходится охлаждать. Так же недостатком является высокая их себестоимость, которая может достигать до половины цены всего электромобиля [6].

Для примера рассмотрим аккумуляторную батарею такого электромобиля как Nissan Leaf (рис. 3).



Рис. 3. Электромобиль NissanLeaf

Nissan Leaf использует батарею ёмкостью порядка 24 кВт·ч, что хватает (по оценкам представителей Nissan) на 160 км пробега на одном полном заряде батареи. Стоит такой автомобиль от 20 000 до 30 000 тыс. долларов в зависимости от комплектации. Расположена батарея внизу под сиденьями автомобиля (рис. 4).

Литий-ионная батарея для электромобиля собрана из 192 ячеек (рис. 5). Её состав: манганит лития на положительном электроде и графит на отрицательном электроде. Масса батареи около 600 фунтов 270 кг. Жизненного цикла батарей, по предварительным оценкам, должно быть достаточно минимум на 5 лет, а гарантия батареи от производителя 8 лет эксплуатации [7].



Рис. 4. Разрез нижней части салона, где представлена аккумуляторная батарея Nissan Leaf



Рис. 5. Аккумуляторная батарея электромобиля Nissan Leaf

Полный цикл заряда аккумуляторов от бытовой электросети с напряжением 220 вольт и силой тока 30 ампер длится порядка 8 часов, 80 % ёмкости на специальном зарядном устройстве Nissan (480 вольт — 125 ампер) восполняются за 30 минут. Автомобиль оборудован двумя гнездами для зарядных устройств в передней части машины: одно для стандартной и другое для ускоренной подзарядки.

Элементы питания Nissan Leaf укомплектованы в блоки с напряжением около 400 В. Такое значение электрического напряжения выбрано с тем, чтобы, с одной стороны, этой величины вольтажа было достаточно, для маломощных моторов, с другой стороны, при такой компоновке расходы на преодоление сопротивления являются низкими. Литиевые батарейки имеют напряжение от 3,6 до 4 В, следовательно, если соединить последовательно 100 батареек, можно получить 400 В [8].

Для сравнения рассмотрим конструкцию аккумуляторной батареи Tesla ModelS (рис.6). Тесла Моторс является создателем поистине революционных экомобилей, которые не только выпускаются серийно, но и обладают уникальными показателями, позволяющими их использование буквально ежедневно.



Рис. 6. Электромобиль Tesla ModelS

По данным североамериканского Агентства по защите окружающей среды (EPA), Model S достаточно одного подзаряда батарей объемом 85 кВт·ч для преодоления более 400 км, что является самым значимым показателем среди подобных автомобилей, представленных на специализированном рынке. Для разгона до 100 км/час электрокару достаточно лишь 4,4 секунды [9].

Залогом успеха данной модели является наличие литий-ионных батарей, основные составляющие которых поставляются для Tesla компанией Panasonic. Аккумулятор расположен в днище, благодаря чему Tesla обладает низким центром тяжести и прекрасной управляемостью (рис. 7). Присоединяется он к кузову посредством кронштейнов.



Рис. 7. Аккумулятор Tesla ModelS в разобранном виде

Батарейный отсек формируют 16 блоков, которые параллельно соединены и ограждены от окружающей среды посредством металлических пластин, а также, пластиковой накладкой, предотвращающей попадание воды. Сборка аккумуляторов отличается высокой плотностью и точностью подгонки деталей. Весь процесс комплектации проходит в полностью стерильном помещении, с использованием роботов. Каждый блок состоит из 74 элементов, по виду крайне схожих с простыми пальчиковыми батарейками (литий-ионные ячейки Panasonic), разделенных на 6 групп (рис. 8).



Рис. 8. Литий-ионные ячейки Panasonic аккумуляторной батареи Tesla ModelS

В роли положительного электрода служит графит, а отрицательного — никель, кобальт и оксид алюминия. Указанный объем электрического напряжения в капсуле составляет 3,6 В. Самый мощный из имеющихся аккумуляторов (его объем составляет 85 кВт·ч) состоит из 7104 подобных батарей. И весит он порядка 540 кг, а его параметры равны 210 см в длину, 150 см в ширину и 15 см в толщину. Количество энергии, вырабатываемой всего одним блоком из 16, равно количеству, производимому сотней аккумуляторов от портативных компьютеров. Компания предоставляет гарантийной обслуживанием своей продукции на срок до 8 лет.

У метода, который применила компания Tesla с цилиндрическими батарейками есть свои преимущества. Электромобиль параллельно использует несколько блоков батарей, то есть, если один из элементов выйдет из строя, весь аккумулятор будет продолжать работать. Для сравнения в Nissan Leaf, ячейки подключены последовательно, подобно новогодней гирлянде, то есть, если одно звено выйдет из строя, то перестанет работать вся батарея. Слабой стороной всех этих методов является то, что трудно обнаружить неработающий элемент. В Nissan Leaf блоки размещены во всем доступном пространстве под сиденьями и полом, однако имеют недостаточное охлаждение. Аккумулятор Tesla ModelS сохраняет большое количество внутреннего пространства автомобиля, а размещение батареи снизу, делает ее потенциально уязвимой перед возможными ударами, но при этом он хорошо охлаждается.

Автопроизводители ещё окончательно не определились с выбором между цилиндрическими и пакетными элементами, однако некоторые эксперты утверждают, что пакетные батареи все же дешевле. Таким образом, можно сделать вывод, что пока нет единого мнения о том, каким должен быть «лучший» аккумулятор. С другой стороны, поскольку различные

подходы и технологические решения конкурируют между собой, можно надеяться на довольно быстрый прогресс в технологиях аккумуляции энергии.

### **Диагностика и правила эксплуатации современных литиево-ионных аккумуляторных батарей электромобилей**

В предыдущей главе описывались основные недостатки литий-ионных аккумуляторов, главный из них это перегрев батареи и возможная её взрывоопасность. То есть получается, что на электромобилях в основном батарея находится под сиденьями, как у Nissan Leaf или же под днищем автомобиля, как на электромобиле Tesla Model S. Можно сказать, что пассажиры и водитель сидят на взрывоопасном веществе, которое может в случае перегрева взорваться. Но это всё не так, потому что Li-ion аккумуляторные батареи имеют наиболее совершенную защиту среди всех типов батарей. Как правило в схеме защиты Li-ion батарей используется ключ на полевом транзисторе, который при достижении на элементе батареи напряжения 4,30 В открывается и тем самым прерывает процесс заряда. Кроме того, имеющийся термopредохранитель при нагреве батареи до 90 °C отсоединяет цепь ее нагрузки, обеспечивая таким образом ее термальную защиту. Некоторые аккумуляторы имеют выключатель, который срабатывает при достижении порогового уровня давления внутри корпуса, равного 1034 кПа (10,5 кг/м<sup>2</sup>), и разрывает цепь нагрузки. Есть и схема защиты от глубокого разряда, которая следит за напряжением аккумуляторной батареи и разрывает цепь нагрузки, если напряжение снизится до уровня 2,5 В на элемент. После проведенных исследований режимов эксплуатации на пожаро- и взрывобезопасность, было установлено, что современные конструкции литиевых элементов практически безопасны при их правильной эксплуатации. Ведь не зря, автомобиль Nissan Leaf и автомобили Tesla получили по «Европейской программе оценки новых автомобилей (EuroNCAR)» и «Национальным управлением безопасностью движения на трассах (NHTSA)» самые высокие оценки по безопасности электромобилей [10].

Если литиевый аккумулятор работает, но его параметры ухудшились, - первичная диагностика проводится без вскрытия корпуса батареи. Для этого аккумулятор полностью заряжают штатным зарядным устройством и подключают

к специальному стенду для проверки аккумуляторов. На стенде устанавливают требуемое напряжение и ток разряда. В процессе испытаний, также замеряется температура корпуса батареи. По результатам теста, мы видим реальную ёмкость аккумуляторной батареи, порог отключения при снижении напряжения, правильность работы BMS и максимальную величину вырабатываемого тока. Если мастер считает, что требуется разборка батареи, то он её выполняет. Далее проводится внешний осмотр всех элементов и снимаются их характеристики. По итогам диагностики, специалист сообщает клиенту о найденных неисправностях, возможностях их устранения и стоимости ремонта, а клиент уже принимает решение о целесообразности ремонта.

Данный тип аккумулятора оснащен полноценной системой управления, которая встроена непосредственно в корпус аккумулятора, поэтому зачастую пользователи забывают об элементарных нормах эксплуатации. Для того, чтобы литий-ионные АКБ служили как можно дольше, необходимо придерживаться ниже описанных правил.

1. Перед эксплуатацией нового литий-ионного аккумулятора, его нужно полностью зарядить. Одна из самых распространенных ошибок владельцев электромобилей – незамедлительное использование АКБ сразу после покупки. Электроды батареи действительно заряжаются в процессе производства примерно на 50%, но отсутствие первоначальной подзарядки уменьшит доступную полную ёмкость аккумулятора и сократит время его работы.

2. После разрядки литий-ионный аккумулятор необходимо сразу же зарядить. На практике встречаются случаи внезапной поломки АКБ. При выяснении причин оказывается, что выход из строя был вовсе не таким уж случайным, ведь хозяин постоянно доводил батарею до полного разряда и тем самым уменьшил его ресурс. Между прочим, совет об эксплуатации аккумуляторов до полного разряда цикла, дают некоторые продавцы батарей. Они это могут делать как по незнанию, так и преследуя свою выгоду – ведь испортив свой аккумулятор, вы придете покупать новый. Из этого правила вытекает следующее.

3. Не допускайте полного разряда АКБ. Не стоит ждать полного расхода энергии - аккумулятор электромобиля следует заряжать после каждой поездки, даже на короткие расстояния.

4. Избегайте нагревания литий-ионных аккумуляторов. Действие высоких температур оказывает крайне негативное влияние на батарею, ускоряя процесс ее «старения». Оптимальная температура для максимального ресурса и максимальной отдачи тока аккумулятором, не должна превышать 20 – 25 градусов Цельсия. Так, повышение температуры эксплуатации на 10 градусов, уменьшает ресурс аккумулятора в несколько раз. В связи с этим не рекомендуется хранить аккумулятор возле источников тепла или под прямыми солнечными лучами.

5. Низкие температуры, полуразряженное состояние даёт длительный срок службы. Если вы хотите продлить время эксплуатации своей АКБ и сэкономить на покупке новой, то хранить литий-ионную батарею (например, в зимний период), лучше при низких температурах, примерно 3-4°C. То есть, электромобиль лучше хранить зимой в гараже при температуре 3-4°C.

6. Не заряжайте переохлажденную батарею. Если в силу каких-либо обстоятельств ваш аккумулятор попал под длительное воздействие низких температур, например, вы катались на электромобиле в морозный день, то не следует его заряжать до тех пор, пока он не прогреется как минимум до плюсовой отметки градусника (по Цельсию), а ещё лучше до комнатной температуры. В противном случае, резкие перепады температур, – станут фатальными для АКБ.

7. Используйте только зарядные устройства фирменной комплектации. Многие пользователи недооценивают роль зарядного устройства, которым возвращают АКБ к «жизни». Зачастую они действуют по принципу – «подшло по напряжению - и ладно». Это в корне неверная позиция, поскольку «неродные» зарядные устройства могут иметь отличные от рекомендованных производителем параметры, что отрицательно скажется на сроке эксплуатации АКБ.

8. Не оставляйте батарею со 100% зарядом без нагрузки. У большинства электромобилей есть опция «Стандартной» и «Максимальной» зарядки. Желательно заряжать батарею полностью непосредственно перед поездкой. Большинство электромобилей предоставляют удобные таймеры для этого. Если оставить аккумулятор со 100% зарядкой на длительное время – это может плохо сказаться на его состоянии. Нужно, чтобы батарея не находилась в состоянии полного заряда больше чем в течении 8 часов.

## Выводы

Проведён анализ использования литиевых аккумуляторных батарей для автомобиля. Эксплуатационные преимущества имеет батарея литий-ионного типа, ее оптимальный диапазон зарядки составляет 25-70%, что в 2,5 раза больше батареи никель-металлгидридного типа с диапазоном оптимальной зарядки 40-60%. Соответственно расширение оптимального диапазона зарядки литий-ионных батарей повышает продолжительность их гарантийного срока до 8-10 лет. Недостатки литий-ионных батарей: невозможность реанимировать полностью разряженный аккумулятор; узкий температурный диапазон оптимальной работы 25-45 °С; высокая себестоимость батареи – до половины цены электромобиля.

Рассмотрены конструктивные особенности литий-ионных батарей и их разновидности. В настоящее время получили практическое развитие два основных типа батарей – с цилиндрическими и пакетными элементами, которые применяют на электромобилях соответственно две ведущие компании Tesla и Nissan. С позиции эксплуатационных свойств электроавтомобиля батареи Panasonic, производимые для автомобилей Tesla, обладают рядом преимуществ: по надежности (имеют не последовательное, а параллельное соединение блоков); в наибольшей мощности – 85 кВт/ч; по обеспечению дальности пробега без подзарядки – 400 км; по динамике разгона до 100 км/час за 4,4 секунды. Недостаток – большая масса, себестоимость и уязвимость для механических повреждений снизу автомобиля.

Рассмотрены диагностические параметры и правила эксплуатации современных литиево-ионных аккумуляторных батарей электромобилей. Предельные технические (диагностические) параметры, которые определяют правила эксплуатации литиево-ионных батарей на электромобилях – это максимальное напряжение на элементе батареи 4,30 В, максимальная температура нагрева элемента батареи до 90 °С, пороговый уровень давления внутри корпуса 1034 кПа (10,5 кг/м<sup>2</sup>), минимальное напряжение на элементе батареи 2,5 В. Для эксплуатации электромобиля в диапазоне допустимых технических параметров работы литиево-ионной батареи необходимо соблюдение целого ряда современных правил технической эксплуатации.

## Литература

1. Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы [электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php>
2. Обзор батареи Nissan Leaf [электронный ресурс]: Режим доступа: <http://ecotechnica.com.ua/stati/966-ustrojstvo-batarej-nissan-leaf-tesla-model-s-i-chevy-bolt-chej-akkumulyator-luchshe.html>
3. Аккумуляторная батарея электрокара Tesla Model S [электронный ресурс]: Режим доступа: <http://autotesla.ru/auto-tesla/akkumulyatory-tesla/akkumulyator-tesla-model-s-chto-vnutri-razbiraem.html>
4. Анализ неисправностей современных аккумуляторных батарей электромобилей / И. Широкун // «Автоцентр» – 2016 – №2.
5. Правила эксплуатации литий-ионных батарей на электромобилях [электронный ресурс]: Режим доступа: <http://rutesla.com/560/5-sovetov-kak-prodlit-vremya-zhizni-batarey-elektroavtomobiley/>
6. Применение литиевых батарей в гибридах и электромобилях [электронный ресурс]: Режим доступа: <http://autoeco.info/libatt.php>
7. Электромобиль Nissan Leaf [электронный ресурс]: Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Nissan\\_LEAF](https://ru.wikipedia.org/wiki/Nissan_LEAF)
8. Обзор батареи Nissan Leaf [электронный ресурс]: Режим доступа: <http://ecotechnica.com.ua/stati/966-ustrojstvo-batarej-nissan-leaf-tesla-model-s-i-chevy-bolt-chej-akkumulyator-luchshe.html>
9. Обзор электромобиля Tesla Model S / С. Знаемский // «Авторевю» – 2015 – №12
10. Электромобиль Tesla Model S [электронный ресурс]: Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/TeslaModelS>
11. [vremya-zhizni-batarey-elektroavtomobiley/](http://vremya-zhizni-batarey-elektroavtomobiley/) (accessed: 20.08.2018) [in Russian]
12. Primeneniye litiyevykh batarey v gibridakh i elektromobilyakh. [The use of lithium batteries in hybrids and electric vehicles]. Retrived from: <http://autoeco.info/libatt.php> (accessed: 20.08.2018) [in Russian]
13. Elektromobil' Nissan Leaf. [Electric Nissan Leaf]. Retrived from: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Nissan\\_LEAF](https://ru.wikipedia.org/wiki/Nissan_LEAF) (accessed: 20.08.2018) [in Russian]
14. Знаемский С. Обзор электромобиля Tesla Model S. «Авторевю». – 2015. – №12
15. Elektromobil' Tesla Model S. [Electric vehicle Tesla Model S]. Retrived from: <https://en.wikipedia.org/wiki/TeslaModelS> (accessed: 20.08.2018) [in Russian].
16. Hnatov A. V., Arhun Shch. V., Ulianets O. A. (2017). Elektromobili – maibutnie, yake vzhe nastalo [Electric cars - the future that has already come]. *Avtomobyl y elektronika. Sovremennye tekhnolohyy: elektronnoe nauchnoe spetsyalyzovannoe yzdanye. Kharkiv: KhNADU*, 11, 24–28 [in Ukrainian].
17. Hnatov A. V., Arhun Shch. V. (2017). Retrospektyva osnovnykh etapiv rozvytku elektromobiliv. Chastyna 2 [Retrospective of the main stages of the development of electric vehicles. Part 2] *Kharkiv: Visnyk KhNADU*, 78, 116–124 [in Ukrainian].
18. Hnatov A. V., Arhun Shch. V. (2017). Retrospektyva osnovnykh etapiv rozvytku elektromobiliv. Chastyna 1 [Retrospective of the main stages of the development of electric vehicles. Part 2] *Kharkiv: Visnyk KhNADU*, 77, 68–74 [in Ukrainian].
19. Sub'ektivnyy vzglyad na dostupnyy sovremenny elektromobil'. [Subjective view of the affordable modern electric car]. Retrived from: <http://dig.by/book/export/html/129> (accessed: 20.08.2018) [in Russian].

## References

1. Litiy-ionnyye akkumulyatory. [Lithium-ion batteries]. Retrived from: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php> (accessed: 2.08.2018) [in Russian]
2. Obzor batarei Nissan Leaf. [Battery review Nissan Leaf]. Retrived from: <http://ecotechnica.com.ua/stati/966-ustrojstvo-batarej-nissan-leaf-tesla-model-s-i-chevy-bolt-chej-akkumulyator-luchshe.html> (accessed: 2.08.2018) [in Russian]
3. Akkumulyatornaya batareya elektrokara Tesla Model S. [Battery Electric Tesla Model S]. Retrived from: <http://autotesla.ru/auto-tesla/akkumulyatory-tesla/akkumulyator-tesla-model-s-chto-vnutri-razbiraem.html> (accessed: 20.08.2018) [in Russian]
4. Shirokun I. (2016) Analiz neispravnostey sovremennyih akkumulyatornyih batarey elektromobiley [Fault analysis of modern electric vehicle batteries] «Avtostran», 2 [in Russian].
5. Pravila ekspluatatsii litiy-ionnykh batarey na elektromobilyakh. [Rules for the operation of lithium-ion batteries in electric vehicles]. Retrived from: [http://rutesla.com/560/5-sovetov-kak-prodlit-](http://rutesla.com/560/5-sovetov-kak-prodlit-vremya-zhizni-batarey-elektroavtomobiley/)

Сараева Ирина Юрьевна<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. технической эксплуатации и сервиса автомобилей, тел. +38 050-64-00-787, e-mail: [sarayeva9@gmail.com](mailto:sarayeva9@gmail.com), Стародубцов Андрей Анатольевич<sup>1</sup>, магистр, 0950926486, [andrutar16@gmail.com](mailto:andrutar16@gmail.com),

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина, Харьков, 61002, ул. Ярослава Мудрого 25.

### Application of modern lithium – ionic battery packages on electric cars.

**Annotation. Problem.** In connection with the increase in efficiency and environmental safety of cars, electric vehicles and hybrid cars were introduced into mass production. In the world, their number is growing every year. In Ukraine, the hybrid car Toyota Prius is used by the patrol police of Ukraine, and Nissan Leaf electric cars are widely introduced into the taxi network. For the owners of these cars, it is important to understand the features of their technical service, diagnosis and maintenance. **Purpose.** The aim of the work is to study the basic

structures and modifications of lithium-ion batteries and to determine the rules for the technical operation of these batteries on hybrid and electric cars. **Methodology.** The design features of lithium-ion batteries and their varieties, which have received practical development on the example of two main types of batteries - with cylindrical and packet cells, which are used on electric vehicles from leading companies Tesla and Nissan, are analyzed. **Results.** The limiting technical (diagnostic) parameters that determine the operating rules for lithium-ion batteries on electric vehicles are highlighted: this is the maximum voltage on the battery element 4.30 V, the maximum heating temperature of the battery cell to 90 °C, the threshold pressure level inside Cases 1034 kPa (10.5 kg / m<sup>2</sup>), the minimum voltage on the battery cell is 2.5 V. **Originality.** Through an analysis of the design features and diagnostic parameters of Li-Ion batteries, the rules of technical operation and recommendations for increasing the service life of these batteries on hybrid and electric cars in Ukraine are considered. **Practical value.** The results of the research allow us to make certain recommendations for increasing the service life of lithium-ion batteries on hybrid and electric cars when used in Ukraine.

**Keywords:** lithium-ion battery, electric vehicle, hybrid, diagnostics, malfunction, operation, service life.

Saraieva Irina<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof., +38 050-64-00-787, sarayeva9@gmail.com,

Starodubtsov Andrii<sup>1</sup>, master, 0950926486, andrustar16@gmail.com,

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

**Застосування сучасних літій-іонних акумуляторів на електромобілях.**

**Анонція.** Проблема. У зв'язку з підвищенням ефективності та екологічної безпеки автомобілів в масове виробництво були введені електромобілі і гібридні автомобілі. У світі їх число зростає з кожним роком. В Україні гібридний автомобіль Toyota Prius використовується патрульною поліцією, а електро-

мобілі Nissan Leaf широко впроваджуються в мережу таксі. Для власників цих автомобілів важливо розуміти особливості їх технічного обслуговування, діагностики та експлуатації. **Мета.** Метою роботи є вивчення основних конструкцій і модифікацій літій-іонних батарей і визначення правил технічної експлуатації цих батарей на гібридних і електро-автомобілях. **Методологія.** Проаналізовано конструктивні особливості літій-іонних батарей і їх різновидів, які отримали практичний розвиток на прикладі двох основних типів батарей - з циліндричними і пакетними осередками, які використовуються на електромобілях від провідних компаній Tesla і Nissan. **Результати.** Відзначені граничні технічні (діагностичні) параметри, що визначають правила експлуатації літій-іонних батарей на електромобілях: це максимальна напруга на елементі акумулятора 4,30 В, максимальна температура нагріву акумуляторної батареї до 90 °С, поріг рівень тиску всередині корпусу 1034 кПа (10,5 кг / м<sup>2</sup>), мінімальна напруга на акумуляторної батареї становить 2,5 В. **Оригінальність.** За допомогою аналізу конструктивних особливостей і діагностичних параметрів літій-іонних батарей розглядаються правила технічної експлуатації та рекомендації щодо збільшення терміну служби цих батарей на гібридних і електричних автомобілях в Україні. **Практична цінність.** Результати дослідження дозволяють зробити деякі рекомендації по збільшенню терміну служби літій-іонних батарей на гібридних і електро-автомобілях при експлуатації в Україні.

**Ключові слова:** літій-іонний акумулятор, електромобіль, гібрид, діагностика, несправність, експлуатація, термін служби.

Сараєва Ірина Юріївна<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. технічної експлуатації і сервісу автомобілів, тел. +38 050-64-00-787, e-mail: [sarayeva9@gmail.com](mailto:sarayeva9@gmail.com)?

Стародубцев Андрій Анатолійович<sup>1</sup>, магістр, 0950926486, [andrustar16@gmail.com](mailto:andrustar16@gmail.com),

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.