

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**С. Н. Мардарьев, А. В. Вершак***Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В статье анализируются проблемы утилизации автомобильных аккумуляторных батарей и возможные направления их решения. Совершенствование технологий, ценовая политика, правительственные стимулы, обязательства автопроизводителей, борьба с изменением климата, постоянный рост цен на топливо являются тем комплексом факторов, который обуславливает все более широкое внедрение электромобилей. Многие владельцы выбирают автомобили, руководствуясь критериями удобств, используемых новшеств, исходя из экологических преимуществ, забывая при этом о необходимости переработки после эксплуатации миллионов аккумуляторов, что представляет собой сложную задачу. Можно утверждать, что темпы развития данного вопроса неизмеримо быстро возрастают. Однако это неминуемо повлечет серьезную проблему, которая возникнет через 10-20 лет после массового использования данных транспортных средств, – необходимость массовой утилизации аккумуляторных батарей, которые в своих размерах многократно превосходят батареи, используемые в механических транспортных средствах. Кроме того, необходима оптимальная система учета и ответственности за своевременную утилизацию отработавших и пришедших в негодность аккумуляторных батарей. Цель исследования – оценить и фундаментализировать перспективы применения утилизации автомобильных аккумуляторных батарей на территории России. Авторы отмечают, что при разработке аккумуляторных батарей требуется учесть программу жизненного цикла батареи, основанную на приоритетных принципах: возможность перепрофилирования, повторного использования, переработки, сокращения габаритных размеров. Все эти возможности представляют собой актуальные направления решения задачи по утилизации использованных аккумуляторных батарей. Концепция повторного использования, как одна из наиболее перспективных направлений, должна получить дальнейшую поддержку и развитие в части расширения сфер применения использованных аккумуляторных батарей.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, электромобиль, перепрофилирование, переработка, габаритные размеры.

Введение. В 2022 году в России зарегистрировано 64 млн. автомобилей. Автомобили часто выбираются с учетом их новшеств, удобства и экологических преимуществ, забывая при этом о переработке после эксплуатации миллионов аккумуляторов, что представляет собой сложную задачу. Вопрос с электромобилем стоит на пути к широкому внедрению благодаря усовершенствованным технологиям и ценам, правительственным стимулам, обязательствам автопроизводителей, борьбе с изменением климата и постоянному росту цен на топливо. Заметим, что в настоящее время автомобильный рынок минимально загружен продажами электромобилей, следовательно, вопрос об утилизации автомобильных аккумуляторных батарей (АКБ) данных транспортных средств также минимален. Однако, можно смело утверждать, что темпы развития данного вопроса по электромобилем неизмеримо быстро продвигаются вперед. Это неминуемо приведет к громадной проблеме, которая возникнет через 10-20 лет после массового внедрения данных транспортных средств, когда нужно будет организовать массовую утилизацию аккумуляторных батарей, которые в своих размерах многократно превосходят батареи, используемые в механических транспортных средствах. Это не означает, что электромобили не будут иметь большого спроса – не надо забывать, что разговор идет об автомобиле без выхлопной системы.

Аккумулятор – самый ценный орган электромобиля, он составляет около трети его стоимости и веса. И на фоне всего вышеизложенного автоматически встают вопросы: об ответственности за своевременную утилизацию отработавших и пришедших в негодность АКБ данных транспортных средств, а также об учете электромобильных АКБ.

Выпуск и утилизация аккумуляторных батарей является той отраслью промышленного комплекса Российской Федерации, где выпускаемая продукция применяется в различных сферах деятельности как гражданской направленности, так и военной инфраструктуры. Данная отрасль крайне необходима при эксплуатации разноплановых систем автономных, бесперебойных питаний. На сегодняшний день в России функционируют 9 основополагающих аккумуляторных заводов, которые занимаются как выпуском АКБ, так и их утилизацией. Крупнейшими предприятиями отрасли являются АО «Тюменский аккумуляторный завод», ООО «Курский аккумуляторный завод», АО «Электроисточник», ООО «Вологодский аккумуляторный завод», ООО «Аккумуляторные технологии». Соответственно, данные предприятия располагаются в следующих городах: Тюмень, Курск, Саратов, Вологда, Свирск. Представляется, что рост количества электромобилей

увеличит масштабы утилизации и поставит задачи использования аккумуляторных батарей в максимальной продолжительности и разной направленности.

Актуальность темы также определяется изменениями в законодательстве и практикой их реализации. Так, 1 марта 2022 года был изменен и вступил в силу нашумевший в российском обществе порядок обращения с отработанными аккумуляторными батареями. Неверная его трактовка привела к тому, что многие граждане в нашей стране стали думать, что у них с 1 марта будет отсутствовать возможность утилизировать свои вышедшие из строя АКБ, установленные на личных автомобилях, путем сдачи их в магазины за счет цены на новые АКБ. Однако, учитывая п. 1 ст. 14 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 08.12.2020 № 1027, приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 28.06.2021 № 388, приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 11.06.2021 № 399 «Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I-V классов опасности», приходим к выводу, что, пройдя дату 1 марта 2022 года, существующая инфраструктура по приему отработанных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей (ОСКАБ) для населения нашей страны остается по настоящее время неизменной. Другими словами, у граждан остается возможность сдать старую и получить новую АКБ с доплатой, используя при этом станции технического обслуживания (СТО), магазины, – по цепочке замкнутой на конечных утилизаторах.

Цель исследования – оценить и фундировать перспективы применения утилизации автомобильных АКБ на территории России.

Материалы и методы исследования. Аккумулятор – это токовый источник, работающий на химических преобразованиях энергии в электрическую, при этом у него сохраняется способность аккумулировать и запасать данную энергию на длительный промежуток времени.

На сегодняшний день согласно инструкции по обращению с отходами 2 класса опасности «Аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с не слитым электролитом» обладают следующим кодом – 92110101 13012 и причислены к высокоопасным отходам. Хочется отметить, что степень вредных воздействий у данных отходов на окружающую среду, согласно вышеуказанной инструкции, очень высокая, и период восстановления экологической системы будет равен не менее 30 лет до полного уничтожения источников вредных воздействий [3].

Процесс утилизации на специализированных предприятиях автомобильных АКБ включает в себя основные стадии. В начале всего цикла вышеуказанные АКБ попадают в измельчитель, где они разделяются на крупные части. Далее через винтовой конвейер получившиеся части доставляются в гранулятор [1]. В то время, когда АКБ находится в измельчителе, происходит вытекание электролита и поступление его через установленное сито в бак отстойник. Когда произойдет полный отстой получившегося чистого электролита, он подается на нейтрализацию. То, что образуется при этом в результате испарения, очищают с помощью вытяжки, которая имеет в свою очередь ионообменный фильтр. В дальнейшем, электролит откачивают в танк-накопитель и подают его на нейтрализацию. Однако после выполнения данной операции, в баке отстойнике будет оставаться паста, которая, не минуемо, попадает с электролитом из вышеуказанного измельчителя. В дальнейшем она по винтовому конвейеру поступит в мягкую тару. Данная паста будет содержать свинец до 75%, а тара доставляется на склад. При продолжении процесса утилизации АКБ получившиеся измельченные части оказываются в грануляторе, где их обрабатывают в более мелкую фракцию. Образовавшаяся масса оказывается на вибросите. В дальнейшем под большим давлением воды начинается отделение пасты, которая в свою очередь вместе с водяной массой оказывается в центрифуге. Позже происходит разделение воды и пасты, паста в свою очередь укладывается в мягкую тару, при этом ее остаточная влажность не должна превышать 10%. Оставшиеся при переработке ПВХ и полипропиленовые части доставляются по ситам в баки приемники, а свинцовые крошки сбрасываются в мягкую тару. В свою очередь, в мягкую тару с помощью винтового конвейера из баков приемников доставляется и очищенный гранулированный полипропилен. Вся работа осуществляется с использованием автоматизации, человеческий фактор необходим при подаче АКБ на транспортер и при осуществлении контроля над работой. Отметим, что все оборудование и технологии – российского образца.

Результаты исследования и их обсуждение. Срок службы у автомобильной АКБ в среднем составляет 3-5 лет, а время его утилизации – около 10 минут. Рассматривая возможные решения проблемы массовой утилизации АКБ, при разработке используемых АКБ требуется учесть программу жизненного цикла батареи, основанную на приоритетных принципах: возможность перепрофилирования, повторного использования, переработки, сокращения габаритных размеров.

Так, например, чтобы использование АКБ автомобиля не стало проблемой, необходимо иметь возможность использовать ее повторно – как вариант, переустановка аккумуляторов в хорошем состоянии из поврежденных автомобилей для их дальнейшего использования или переход к взаимозаменяемым аккумуляторным системам разных классов [2].

Принцип повторного использования является важной концепцией при увеличении количества электромобилей на дорогах, создавая при этом крупный рынок для сектора запасных частей для поддержанных

автомобилей. Однако повторное использование не отменяет того факта, что в какой-то момент батарея теряет свою емкость и становится непригодной для питания электромобиля.

Аккумулятор электромобиля сохраняет ценность даже при сильном износе, он содержит большое количество драгоценных металлов и значительный потенциал для коммерческого повторного использования. Поэтому нет абсолютно никакого смысла выбрасывать его на свалку, в природу или отправлять в непонятный канал переработки. Кроме того, тяговая батарея довольно громоздкая и весит от 100 до 600 кг. Невозможно брать ее голыми руками и транспортировать без соответствующего транспортного средства и подходящего снаряжения. Так же хочется обратить внимание на повторное использование батареи, когда она уже не находится в достаточно хорошем состоянии, чтобы приводить в движение транспортное средство, но имеет достаточную мощность и емкость для использования в стационарной системе хранения. Таким образом, ее можно использовать для хранения возобновляемой энергии, произведенной частным лицом, компанией или оператором электросети.

Так, можно предположить, что когда аккумулятор электромобиля будет извлекаться, то его можно будет использовать в другом приложении. Эти аккумуляторы можно разделить на два основных класса 1 и 2. Так, аккумуляторы категории 1 можно использовать регулярно, но менее интенсивно, например, для питания электрических барьеров на железнодорожных переездах или внедорожных электромобилей, таких как вилочные погрузчики, которые не вызывают опасения по поводу их автономии. Батареи категории 2, которые в ходе эксплуатации деградировали, можно использовать только для таких задач, как аварийное освещение зданий с помощью светодиодов, где потребление прерывистое и в целом низкое.

Полагаем, что концепция повторного использования, как одна из наиболее перспективных направлений, должна получить дальнейшую поддержку и развитие в части расширения сфер применения использованных аккумуляторных батарей.

Переработка аккумуляторов для электромобилей – достаточно сложная задача. Автомобильные АКБ предоставляют как частные, так и государственные организации, у которых, как правило, находится в наличии свой автопарк, или же они оказывают какие-то услуги по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств или сбору лома цветных металлов. Обратим особое внимание в данной статье на то, что ощутимый объем данных поставок осуществляют физические лица. При утилизации любую автомобильную АКБ можно разделить на три основополагающие детали – это свинец, пластик и серная кислота [4]. После переработки на выходе имеем:

- свинцовая паста;
- свинцовая крошка;
- гранулированный полипропилен;
- мусор ПВХ;
- электролит.

При переработке из них возможно получение следующих компонентов и деталей соответственно: марочный свинец – приспособления для рыбной ловли, рентген-аппарат, электрические кабели; бамперы и рамы для автомобилей; чистящие средства для бытовых нужд или химические удобрения. Кроме того, например, литий, никель, кобальт и другие материалы в аккумуляторе электромобиля представляют собой проблему токсичности, которую необходимо решать при переработке.

Уменьшение АКБ – это не технологическое решение, а скорее интеллектуальное. Сокращение основано на идее, что электромобилям нужен правильный запас хода, а не максимальный. Когда эта идея будет усвоена, покупатели электромобиля могут перейти к доступной модели с запасом хода 400 км, а не выбирать модель, способную проехать 500 или 700 км, которая стоит намного дороже и требует более объемной батареи. Это поможет, как минимум, уменьшить общий тоннаж производимых батарей. Жизненный цикл аккумулятора, вероятно, также заинтересует большинство покупателей не меньше, чем кривая окупаемости их нового автомобиля или расчет общей стоимости владения.

Выводы. Вопрос утилизации автомобильных аккумуляторных батарей на территории Российской Федерации представляет собой важную и актуальную проблему. Концепция повторного использования может рассматриваться как одна из наиболее перспективных направлений и должна получить дальнейшую поддержку, развитие в части расширения сфер применения использованных аккумуляторных батарей. Создание сектора переработки в дальнейшем также должно будет найти наиболее адаптированную экономическую модель, способную к работе без необходимости умножать процессы переработки.

Литература

1. Акулова, Т. Н. К расчету процесса обеспыливания, осуществляемого с помощью многослойного устройства для очистки воздуха / Т. Н. Акулова, А. В. Верещак, С. Н. Мардарьев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (13). – С. 95-100.
2. Растяникова, Е. В. Вторичное использование ресурсов в металлургической промышленности в России и Китае / Е. В. Растяникова // Инновации и инвестиции, 2019.
3. Ровин, С. Л. Исследование отходов, образующихся при производстве свинца / С. Л. Ровин, С. В. Григорьев // Литейное производство. – 2018. – № 2 (91). – С. 43-49.

4. Сибгатуллина, О. С. Обзор существующих методов определения тяжелых металлов при термической утилизации / О. С. Сибгатуллина, Г. И. Гумерова, Э. В. Гоголь // Химия и инженерная экология - XVIII : сборник трудов международной научной конференции. – Казань : Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ), 2018.

Сведения об авторах

1. **Мардарьев Сергей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: s-mard@mail.ru, тел. 89278411222;

2. **Верещак Александр Васильевич**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: vav_2008@mail.ru, тел. 89278517204.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF UTILIZATION AUTOMOBILE BATTERIES

S. N. Mardaryev, A. V. Vereshchak
Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. *The article analyzes the problems of recycling car batteries and possible ways to solve them. Advances in technology, pricing policies, government incentives, commitments from automakers, combating climate change, and ever-rising fuel prices are all factors that drive the ever-increasing adoption of electric vehicles. Many owners choose cars based on convenience, innovation and environmental benefits, while forgetting the need to recycle after millions of batteries, which is a difficult task. It can be argued that the pace of development of this issue is growing immeasurably rapidly. However, this will inevitably entail a serious problem that will arise 10-20 years after the mass use of these vehicles - the need for mass disposal of batteries, which are many times larger than the batteries used in mechanical vehicles. In addition, an optimal system of accounting and responsibility for the timely disposal of used and worn-out batteries is needed. The purpose of the study is to evaluate and substantiate the prospects for the use of automotive battery recycling in Russia. The authors note that when developing batteries, it is required to take into account the battery life cycle program based on priority principles: the possibility of repurposing, reuse, recycling, and reducing overall dimensions. All these possibilities represent topical directions for solving the problem of disposal of used accumulated batteries. The concept of reuse, as one of the most promising areas, should receive further support and development in terms of expanding the scope of used batteries.*

Key words: battery, electric car, conversion, recycling, overall dimensions.

References

1. Akulova, T. N. К расчету процесса обеспыливания, осущестvляемого с помoshч'ю многосложного устройства для очистки воздуха / Т. Н. Акuloва, А. В. Верещак, С. Н. Мардар'ев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (13). – С. 95-100.
2. Rastyannikova, E. V. Vtorichnoe ispol'zovanie resursov v metallurgicheskoy promyshlennosti v Rossii i Kitae / E. V. Rastyannikova // Innovacii i investicii, 2019.
3. Rovin, S. L. Issledovanie othodov, obrazuyushchihsya pri proizvodstve svinca / S. L. Rovin, S. V. Grigor'ev // Litejnoe proizvodstvo. – 2018. – № 2 (91). – С. 43-49.
4. Sibgatullina, O. S. Obzor sushchestvuyushchih metodov opredeleniya tyazhelyh metallov pri termicheskoy utilizacii / O. S. Sibgatullina, G. I. Gumerova, E. V. Gogol' // Himiya i inzhenernaya ekologiya - XVIII : sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – Kazan' : Kazanskij nacional'nyj issledovatel'skij tekhnicheskij universitet im. A. N. Tupoleva-KAI (KNITU-KAI), 2018.

Information about authors

1. **Mardaryev Sergey Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: s-mard@mail.ru, tel. 89278411222.

2. **Vereshchak Alexander Vasilievich**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: vav_2008@mail.ru, tel. 89278517204.

УДК633.791

DOI:

РАСЧЕТ ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ В МЕЖДУРЯДЬЕ ХМЕЛЬНИКА

П. А. Смирнов

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация: В мировом производстве хмеля не существует единого стандарта строительства хмельника и регламента применения типажа тракторов и шин различных производителей на хмельниках. Производство хмеля отличается по междурядью и шагу посадки, но на высоких шпалерах по площади питания растения существенных различий нет. Хмелеводство выработало оптимальные площади питания в зависимости от плодородия почвы. Но остаются нерешенными вопросы защитной зоны между растением и шиной колеса в междурядье хмельника. Для перспективных технологий выращивания хмеля по полуридам изучаемый параметр наиболее значимый. В работе представлены выражения для расчетов и результаты по используемым традиционным шинам колес на ведущих мостах тракторов. Нами разработана и предложена технология выращивания хмеля с максимальной адаптацией к полной механизации и автоматизации операций. Ширина защитной зоны зависит от величины междурядья, ширины шины ведущих колес, субмеждурядья и колеи трактора. При этом ширина междурядья постоянна и равна 3,33 м, а колея установлена минимальной 1,40 м для тракторов 14 кН и 1,20 м для тракторов 6,0...9,0 кН. Предложены варианты замены шин на более узкие, но с одинаковым посадочным диаметром. Для тракторов тягового класса 14 кН, которые представлены наиболее массово в сельском хозяйстве России, наиболее актуален переход на использование колес с узкими дисками W8×42 и шинами 9,5×42. Указанные колесные комплекты широко распространены на территории Российской Федерации, в частности, для выполнения междурядных операций по выращивании сахарной свеклы и картофеля. Также важным является ширина внедренного субмеждурядья между полуридами хмеля. Наши предложения по ширине субмеждурядья основаны на поточном производстве работ на хмельниках, и это 0,6 и 0,9 м. Приведены обоснованные общие выводы по исследованию.

Ключевые слова: хмель, защитная зона, междурядье, субмеждурядье, хмельник, шина, колея.

Введение. В мировом производстве хмеля не существует единого стандарта строительства хмельника и регламента применения типажа тракторов и шин различных производителей на хмельниках. Однако, как показывает практика, перечисленные технологические и конструктивные параметры оказывают существенное влияние на площадь питания растения и на защитные зоны растения при междурядной обработке [1-3].

Цель исследования – определение в перспективной технологии производства хмеля оптимальных защитных зон между растением и ведущими движителями тракторов и агрегатируемых машин.

Материалы и методы. В таблице 1 приведены основные параметры хмельника: ширина междурядья и шага посадки, в ведущих странах мира и разработанного перспективного в Чувашском государственном аграрном университете, причем они существенно отличаются друг от друга [2, 3, 4, 5, 7, 8, 10]. В качестве критерия в таблицу встроены шестой столбец как результат умножения междурядья и шага посадки, равноценно отражающий площадь питания одного растения. Крайние показатели возрастающего ранжированного ряда площадей питания исследованы посредством метода τ , который показал, что все значения соответствуют ряду и не выскакивают из ряда. Ранжированный ряд следующий:

5,44; 4,16; 3,6; 3,33; 3,0; 3,0; 3,0; 2,83; 2,5; 2,25; 1,5.

Отсюда τ_{\max} и τ_{\min} расчетные значения и в сравнении с табличным $\tau_{\text{табл}}$:

$$\tau_{\max} = \frac{y_{11} - y_{10}}{y_{11} - y_1} = \frac{5,44 - 4,16}{5,44 - 1,5} = 0,325 \leq \tau_{\text{табл}} = 0,45;$$

$$\tau_{\min} = \frac{y_2 - y_1}{y_{11} - y_1} = \frac{2,25 - 1,5}{5,44 - 1,5} = 0,19 \leq \tau_{\text{табл}} = 0,45.$$

В таблице 1 приведены наименьшие показатели площадей питания по Великобритании (1,5-2,25 м²), но они представляют технологию выращивания хмеля на низкой подвеске, на которой, как правило, и площади питания и урожай шишек меньше, чем на высоких шпалерах. Если их исключить из ряда, то схожесть данных улучшится. При среднем значении $y_{\text{ср}}=3,43$ м² и среднем квадратическом отклонении $\sigma=0,2978$ м получен коэффициент вариации $v=8,68\%$. Это значит, что изменчивость площадей питания при разных исходных параметрах незначительная, независимо от ширины междурядья и шага посадки.