

УДК 621.355.9

## ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ (ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ)

В.А. Андреев, ассистент кафедры общей электротехники КузГТУ  
Т.А. Андреева, инженер-лаборант (Исследовательская лаборатория  
Управления качеством КАО «Азот»)

Научный руководитель: С.А. Захаров, к.т.н. доцент,  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Литий-ионные батареи (LIB) вызывают растущий интерес из-за их высокого потенциала для обеспечения эффективного хранения энергии и экологической устойчивости. LIB в настоящее время используются не только в портативной электронике, такой как компьютеры и мобильные телефоны, но и для электрических или гибридных транспортных средств[1].

Отличные технические характеристики и высокая плотность тока LIB делают их все более популярными[4]. LIB доминируют на рынке аккумуляторов для портативной электроники благодаря высоким удельным емкостям и напряжению, отсутствию памяти, отличным циклическим характеристикам, небольшому саморазряду и широкому диапазону рабочих температур. Однако, дальнейшее расширение рынка LIB и их широкомасштабное применение в электромобилях в настоящее время значительно затруднено из-за их ограниченных показателей безопасности.

Безопасность батареи во многом определяется химическим составом батареи, его рабочей средой и устойчивостью к перегрузкам.

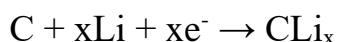
Сбои в работе литий-ионных батарей (так называемый отказ) вызваны нестабильностью электрохимической системы [2]. Таким образом, понимание электрохимических реакций, в том числе и побочных, происходящих в LIB, а также свойств материалов имеет основополагающее значение для оценки безопасности батареи. Напряжение и температура являются двумя факторами, позволяющими сделать вывод о процессах, протекающих в батарее. Крайняя степень сбоя в работе LIB – аварийные ситуации – сопровождаются непрерывным выделением тепла и газа.

Среди причин небезопасной эксплуатации LIB следует особо отметить нежелательные химические реакции. В нормальном диапазоне напряжений и температур на катоде и аноде происходит только переход лития в различные химические формы, сопровождающийся протеканием электронов в электролите.

При заряде LIB на положительных пластинах происходит реакция (Рис.1):



Реакция на отрицательных пластинах:



При разряде происходят обратные реакции (Рис.1).

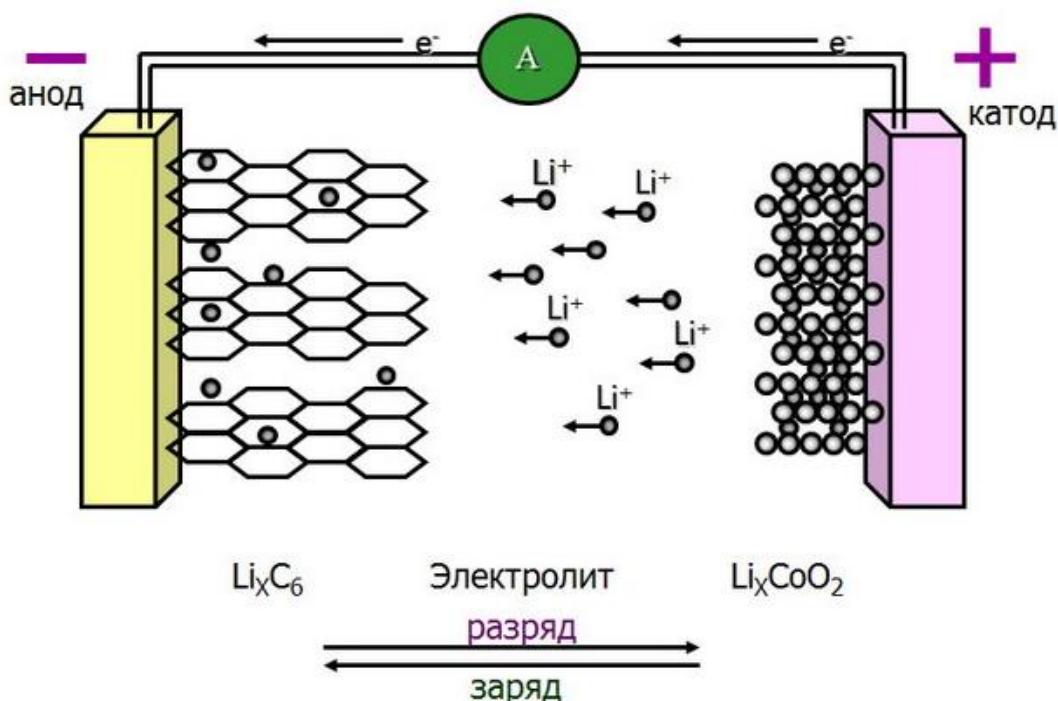


Рис. 1. Процесс заряда литий-ионного (Li-ion) аккумулятора

В условиях высоких температур и высокого напряжения электрохимические реакции становятся более сложными, включая разложение пленки на границе раздела твердого электролита (Solid Electrolyte Interface, SEI), выделение кислорода на катоде и дополнительные «паразитные» побочные реакции электролит/электрод[3]. Разложение пленки SEI и межфазные реакции вначале оказываются причиной значительного повышения температуры LIB, тем самым увеличивая риск выделения кислорода из активных материалов катода. Эти реакции в конечном итоге приводят к аварийной ситуации: выделяющиеся горючие газы разрывают батарею избыточным давлением изнутри и начинают реагировать с кислородом воздуха со взрывом[2].

Тщательный анализ механизмов отказа LIB в экстремальных условиях, таких как перезаряд, внешнее короткое замыкание, термическое и механическое воздействие, показал, что тепловой «разгон» и наличие легковоспламеняющихся компонентов являются основными причинами пожаров и взрывов аккумуляторов. На основе полученных знаний о структуре и принципах работы LIB был разработан ряд эффективных стратегий.

Безопасность и стабильность работы LIB можно значительно улучшить за счет тщательного выбора материалов электродов, сепараторов и электролитов, а также за счет оптимизации конструкции батареи. Внешние влияния, такие как охлаждение и балансировка ячеек, также могут внести значительный вклад в безопасность LIB в нормальных условиях.

Содружеством ученых различных стран разработаны различные стандарты безопасности LIB и соответствующие программы испытаний. Основная цель этих программ — предоставить справочные материалы по безопасной эксплуатации аккумуляторов и стандартные способы оценки их работоспособности в нештатных условиях. Считается, что это способствует улучшению прогнозирования работоспособности аккумуляторов и смягчению пагубных процессов теплового «разгона» и различного рода перегрузок, повышающих риски реальных аварий[1].

Предлагаются следующие стратегии повышения безопасности LIB как внутри, так и снаружи (Рис. 2). Самый эффективный способ рассеивания избыточного тепла для защиты батареи от термического и механического разрушения (вспучивания) – путем улучшения их внешней оболочки. Это становится все более важным, поскольку количество электромобилей на наших дорогах увеличивается, поэтому существует острая необходимость в повышении безопасности LIB. Также растут требования к плотности энергии и спрос на более мощные аккумуляторные системы для электромобилей, которые будут генерировать еще больше тепла и создавать еще более серьезные проблемы управления температурным режимом. Основные пути решения этих проблем сосредоточены на увеличении скорости и равномерности теплопередачи в больших батареях с высокой плотностью.

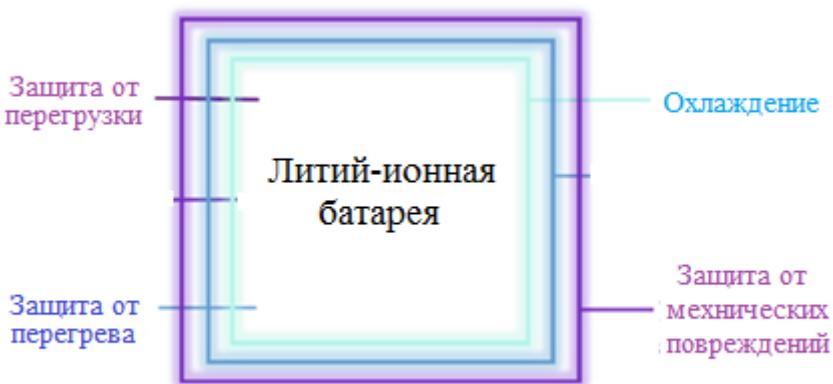


Рис. 2. Стратегии повышения безопасности ионно-литиевых батарей

Однако также важна проработка механического усиления LIB для повышения их защиты, например, подбор материалов внешнего корпуса для повышения их ударопрочности. Другим решением может стать установка аккумуляторов в тех частях автомобилей, которые меньше всего страдают при столкновениях и ДТП. Успешное прохождение гвоздевых, краш-тестов и других испытаний не гарантирует безопасность автомобильного аккумулятора в реальных условиях (рис. 3).

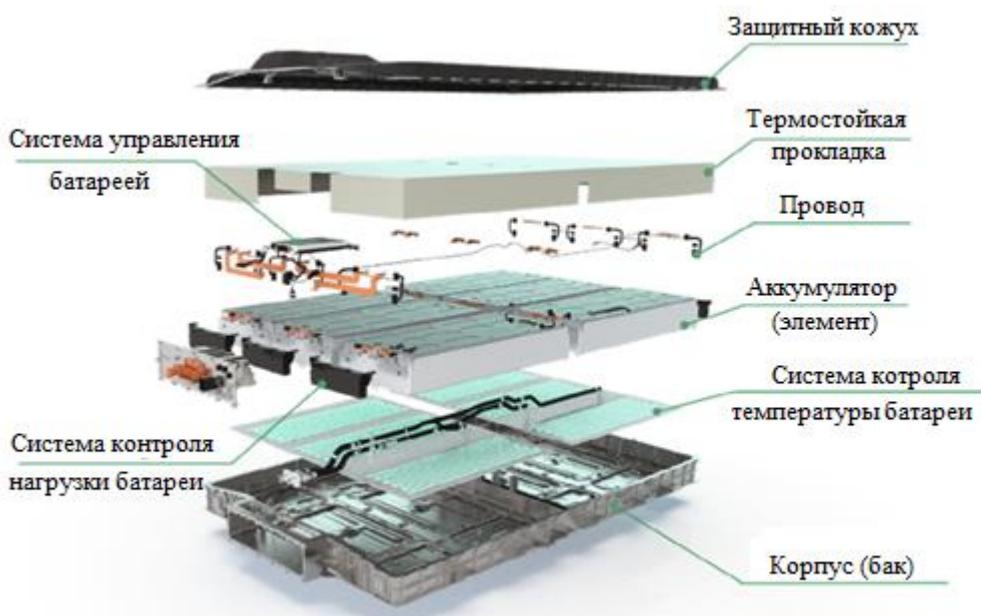


Рис. 3. Схема усовершенствованного аккумуляторного блока  
в автомобиле ROEWERER6

Термический удар также может спровоцировать возгорание электромобиля, что, в свою очередь, может привести к возгоранию других находящихся поблизости транспортных средств, но устойчивость LIB к тепловому удару можно повысить с помощью различных особенностей проектирования, направленных на снижение аварий при возникновении теплового удара.

Выделение и накопление тепла внутри батарей являются основными причинами аварий с LIB. Выделение тепла часто сопровождается газообразованием, и оба процесса контролируются напряжением и температурой батареи. Перезарядка является одной из основных причин тепловыделения. Таким образом, включение превентивных мер по предотвращению самопроизвольного перезаряда внутри батарей дополнило бы меры по защите от внешнего перезаряда. Тепловой разгон вызван коротким замыканием батареи из-за неисправности сепаратора и неспособностью локализованного тепла рассеиваться эффективно и быстро[4].

Разработка чувствительных к температуре материалов для использования их в качестве датчиков внутри батареи для предотвращения локального повышения температуры кажется отличным решением проблемы теплового разгона. Другой многообещающий подход к отводу тепла заключается в создании внутренних каналов для быстрого рассеивания тепла (например, за счет включения материалов с высокой теплопроводностью). И последнее, но не менее важное: тщательный выбор активных электродных материалов и электролитов также важен для снижения выделения тепла и газа, а также для защиты поверхностей электродов[3].

Таким образом, эксплуатация литий-ионных батарей осложнена определенными нюансами, изучение и устранение которых является важнейшей научно-технической задачей.

### **Список литературы:**

1. Козадеров, О.А. Современные химические источники тока: учебное пособие / О.А Козадеров, А.В. Введенский. – 3-е изд., испр. – СПб.:Издательство «Лань», 2021. – 132с.: ил. – ISBN 978-5-8114-2121-3. – (Учебники для вузов. Специальная литература) – Текст: непосредственный.
2. Кулова, Т. Л. Проблемы низкотемпературных литий-ионных аккумуляторов / Т. Л. Кулова, А. М. Скундин. — Текст: электронный // Электрохимическая энергетика. – 2017. – № 2 (Т. 17). – С. 61–88. — URL: <https://energetica.sgu.ru/ru/journal/2017/2> (дата обращения: 17.03.2022).
3. Садовников, А. В. Литий-ионные аккумуляторы / А. В. Садовников, В. В. Макарчук. — Текст: электронный // Молодой ученый. — 2016. — № 23 (127). — С. 84-89. — URL: <https://moluch.ru/archive/127/35051/> (дата обращения: 27.03.2022).
4. Yuqing, C. A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards / C. Yuqing, K. Yuqiong, Z. Yun, W. Li, L. Jilei, L. Yanxi, L. Zheng, H. Xiangming, L. Xing, N. Naser, L. Baohua // Journal of Energy Chemistry. – №52 (2021). – Beijing, 2020. – Nov. 3. – URL: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-energy-chemistry> (дата обращения: 15.03.2022).