

УДК 656.025: 621.355

Гришкин Владимир Григорьевич, доцент кафедры Технологии эксплуатации и автоматизации работы портов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург

Шаров Данила Денисович, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург

ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В ЦЕПЯХ МЕЖДУНАРОДНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Интенсивный рост производства литиевых аккумуляторов обуславливает острую потребность в унифицированной технологии их безопасной мультимодальной транспортировки, включая вторичные грузопотоки отработанных АКБ. Несмотря на строгие международные регламенты, комплексное решение для этой логистической задачи отсутствует. В статье предлагается двухэтапная схема консолидации грузовых мест: в специализированные защитные контейнеры, а затем в стандартные морские ISO-контейнеры. Разработаны рекомендации по конструктивной доработке специализированной тары для обеспечения её штабелирования. Дополнительно предложено применение стеклогранулята для теплоизоляции поврежденных АКБ и автоматизация систем мониторинга и пожарной сигнализации на всех этапах перевозки.

The intensive growth in lithium battery production necessitates the development of a unified technology for their safe multimodal transportation, including the secondary cargo flows of end-of-life batteries. Despite stringent

international regulations, a comprehensive solution for this logistical challenge is currently lacking. This paper proposes a two-stage scheme for cargo unit consolidation: initially into specialized protective containers, followed by transfer into standard marine ISO-containers. Recommendations are developed for the structural modification of specialized containers to ensure their stackability. Furthermore, the application of glass granulate for thermal insulation of damaged batteries and the automation of monitoring and fire alarm systems at all transportation stages are proposed.

Ключевые слова: литиевые аккумуляторы, транспортировка опасных грузов, мультимодальные перевозки, специализированная тара, ISO-контейнеры, консолидация грузов, унифицированная технология.

Keywords: lithium batteries, dangerous goods transport, multimodal transport, specialized packaging, ISO containers, cargo consolidation, unified technology.

Оценки свидетельствуют о ежегодном росте объемов производства литиевых аккумуляторов на 20–30% (динамика представлена на графике 1). Одновременно отмечается выход на рынок новых типов литиевых аккумуляторов, обладающих значительно улучшенными техническими параметрами, но при этом характеризующихся более высоким классом опасности. Китай является мировым лидером по производству аккумуляторных батарей (АКБ), осуществляя экспорт как самих АКБ, так и устройств с их содержанием, в глобальном масштабе. Следовательно, литиевые аккумуляторы, являясь опасным грузом, преодолевают значительные расстояния по мультимодальным логистическим цепям. Несмотря на наличие строгих правил перевозки литиевых аккумуляторов, унифицированная технология транспортировки на данный момент отсутствует [1].

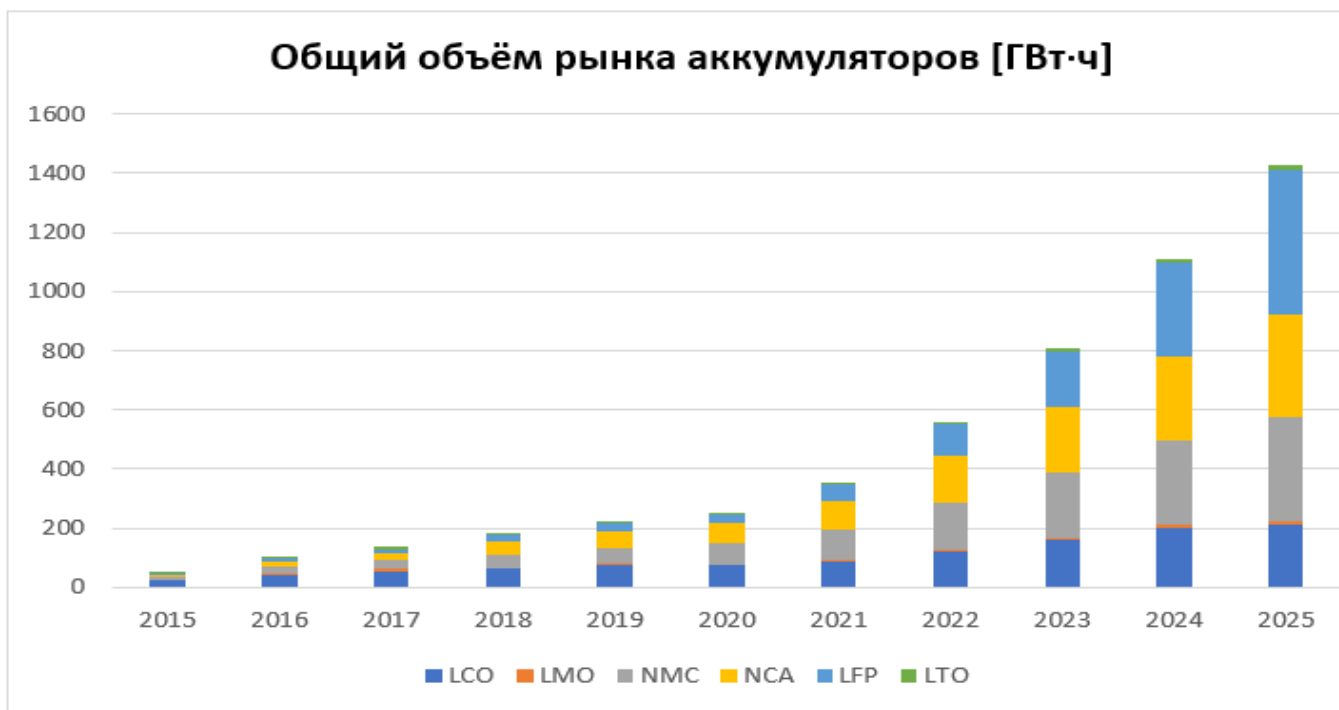


График 1. Общий объём рынка аккумуляторов 2015-2025 г.

При создании унифицированной технологии важно учитывать также вторичные грузопотоки отработанных аккумуляторов. На основе анализа рыночных объемов и данных о нормативном сроке службы каждого типа АКБ становится возможным прогнозирование перспективного объема грузооборота отработанных АКБ (график 2), подлежащих доставке к местам утилизации. Следует учитывать возрастающие риски транспортировки данных аккумуляторов [2].

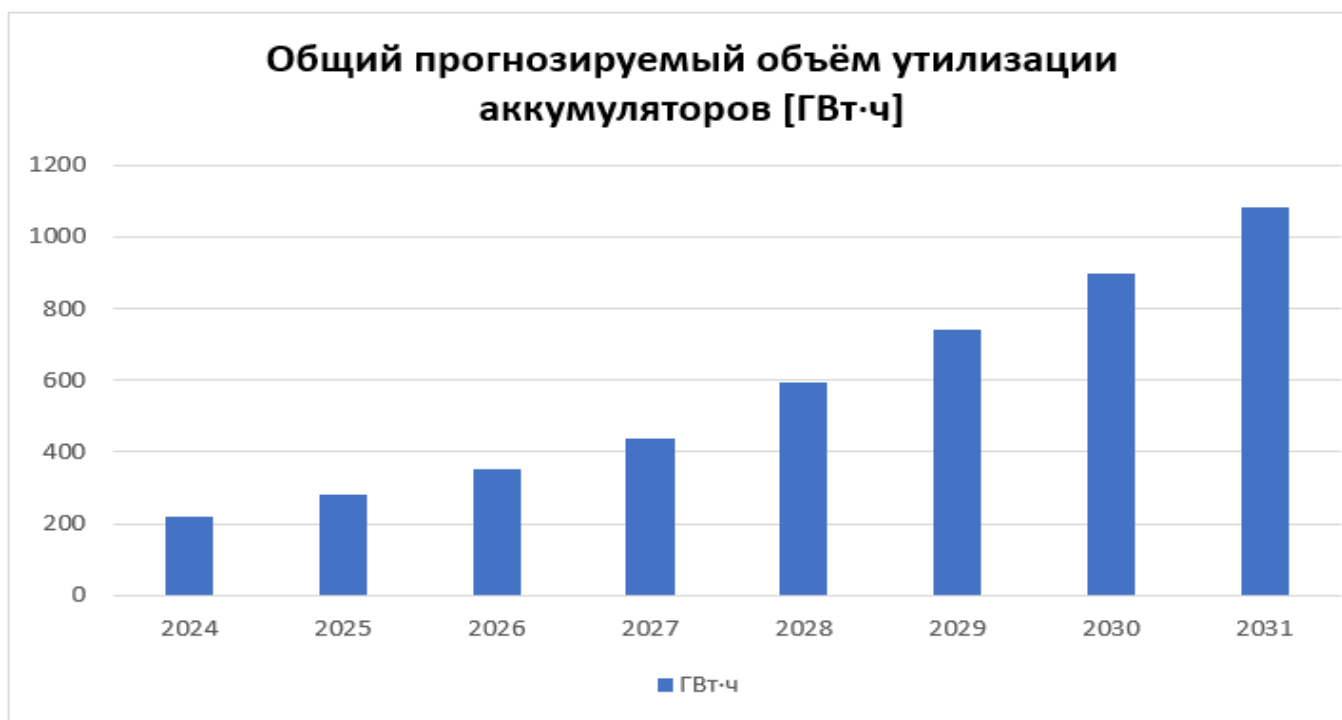
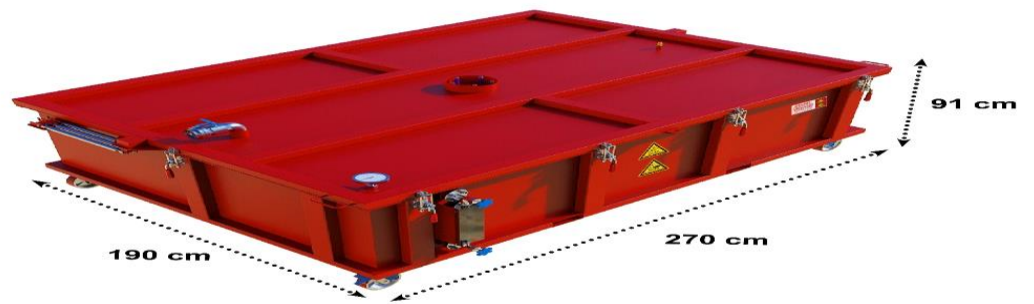


График 2. Прогнозируемый объём отработанных АКБ 2024-2031 г.

Выбор грузовой тары для транспортировки АКБ регламентируется международными правилами IATA и DOT, а также стандартом ООН 38.3. В качестве примера специализированной тары для предотвращения возгораний и взрывов можно привести контейнер модели WA960270R (рисунок 1). Его конструкция включает двойные стальные стенки с воздушным зазором для повышенной огнестойкости, систему вентиляции и антикоррозионную защиту. Изделие сертифицировано и соответствует строгим требованиям безопасности. Данная тара имеет внешние габариты 2700x1900x910 мм и полезный объем 1472 литра. Относительно небольшие габариты и нестандартное исполнение такой тары требуют консолидации грузовых мест в более крупные транспортные единицы. Для мультимодальных перевозок подобных специализированных опасных грузов оптимальным решением являются стандартные морские ISO-контейнеры типов 1AA и 1CC. Хотя специализированные типы контейнеров (HT, OS, SD, OT, DD) могут представлять удобство для укрупнения грузов, их меньшая оборачиваемость и риск порожнего обратного следования обуславливают дополнительные финансовые издержки [3].



WA960270R

Рисунок 1. Контейнер WA960270R

Вместимость стандартных морских ISO-контейнеров (1AA / 1CC) для тары WA960270R составляет 4 / 2 единицы в один ярус и 8 / 4 единицы в два яруса соответственно. Для обеспечения возможности штабелирования требуется конструктивная доработка контейнеров WA960270R. Она включает:

1. Перемещение элементов управления и безопасности: Датчики уровня жидкости и контроля температуры, а также пожарная головка ГР должны быть расположены на вертикальной боковой стенке (2700 мм).

2. Модификация основания: Колесная база должна быть заменена металлическим каркасом, обеспечивающим плоское основание. Этот каркас должен иметь проемы для вилочных погрузчиков или гидравлических тележек, спроектированные таким образом, чтобы не препятствовать доступу к датчикам, пожарной головке, вентиляционным отверстиям и редукционному клапану смежных контейнеров при штабелировании. Ориентировочное увеличение высоты контейнера при установке данного каркаса составит до 1050 мм. Для оптимизации полезного объема перевозимого груза предлагается также рассмотреть возможность увеличения габаритов контейнера до 2900x2100x1100 мм, что позволит довести его внутренний объем до 1842 литров [4,5].

Технология транспортировки литиевых АКБ, несмотря на строгие международные правила и ограничения, может быть представлена как двухэтапная схема консолидации грузовых мест: сначала в специализированный контейнер, а затем в стандартный морской контейнер (ISO 1AA или 1CC). При перевозке отработанных или поврежденных АКБ в специализированных контейнерах рекомендуется использовать стеклогранулят в качестве теплоизолирующего наполнителя. Перспективным направлением повышения безопасности является автоматизация систем мониторинга и контроля специализированных контейнеров, а также оснащение морских контейнеров автономными системами пожарной сигнализации.

Список литературы

1. Аренков Игорь Анатольевич, Иванова Динара Владимировна, Жеребчикова Полина Евгеньевна Аналитический обзор рынка производителей литий-ионных аккумуляторов // ЭПП. 2023. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-rynka-proizvoditeley-litiiy-ionnyh-akkumulyatorov> (дата обращения: 07.12.2025).
2. Елисеев Ю.Н., Мокряк А.В. Основные факторы, провоцирующие пожарную опасность литий-ионных аккумуляторов // Пожаровзрывобезопасность. - 2021. - Т. 30, № 5. - С. 34-42.
3. Контейнер-чехол для хранения и транспортировки литий-ионных аккумуляторов / С. Г. Алексеев, Д. В. Бессонов, Е. С. Гурьев, Н. М. Барбин // Вестник НЦБЖД. – 2020. – № 2(44). – С. 154-159. – EDN LFFPKD.
4. Макарова, Т. П. О необходимости разработки пожаробезопасных контейнеров для транспортировки литий-ионных аккумуляторов / Т. П. Макарова, Н. В. Мартинович, А. Н. Батуро // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2025. – № 3(38). – С. 285-292. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.81.90.027. – EDN DHKKEM.

5. Терентьев Д.И., [и др.] Предварительное исследование пожароопасных свойств литий-ионных аккумуляторов // Пожарная безопасность. - 2022. - № 4. - С. 25-29.

References

1. Arenkov Igor Anatolyevich, Ivanova Dinara Vladimirovna, Zherebchikova Polina Evgenievna Analytical review of the market of lithium-ion battery manufacturers // EPP. 2023. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-rynka-proizvoditeley-litii-ionnyh-akkumulyatorov> (date of reference: 12/07/2025).
2. Eliseev Yu.N., Mokryak A.V. The main factors provoking the fire hazard of lithium-ion batteries // Fire and explosion safety. - 2021. - Vol. 30, No. 5. - pp. 34-42.
3. Container-case for storage and transportation of lithium-ion batteries / S. G. Alekseev, D. V. Bessonov, E. S. Guryev, N. M. Barbin // Bulletin of the National Library of Railways. – 2020. – № 2(44). – Pp. 154-159. – EDN LFFPKD.
4. Makarova, T. P. On the need to develop fireproof containers for the transportation of lithium-ion batteries / T. P. Makarova, N. V. Martinovich, A. N. Baturо // Siberian Fire and Rescue Bulletin. – 2025. – № 3(38). – Pp. 285-292. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.81.90.027. – EDN DHKKEM.
5. Terentyev D.I., [et al.] Preliminary investigation of the fire-hazardous properties of lithium-ion batteries // Fire safety. - 2022. - No. 4. - pp. 25-29.