

- определить возможные сценарии аварийных ситуаций;
- определить дополнительную стоимость комплекса работ, направленных на снижение строительных рисков;
- формировать состав исполнителей проектных и подрядных работ из организаций, имеющих опыт, соответствующий степени сложности объекта;
- привлекать к разработке заданий на выполнение инженерно-геологических и иных видов изысканий профессиональных геотехников;
- выполнять независимую экспертизу проектных решений, привлекая специализированные консалтинговые организации и высококвалифицированных экспертов-геотехников;
- организовывать эффективное взаимодействие между всеми участниками проекта;
- открыто обсуждать отклонения от проекта при их возникновении и оперативно выработать корректирующие решения;

Своевременно останавливать строительство в случае возникновения угрозы аварийной ситуации. Аварии, случающиеся при устройстве котлованов в городских условиях, несут тяжелые социальные и экономические последствия. Причины, которые вызывают аварии, разнообразны и могут быть скрыты в любой из стадий разработки и реализации проекта. Крупным авариям, как правило, способствует целый комплекс причин, причем многие из них могут быть взаимосвязаны. Задачи подземного строительства предъявляют повышенные требования к выполнению инженерно-геологических изысканий и гидрогеологических исследований. Отсутствие достаточного опыта и квалификации проектировщиков также является заметной угрозой для безаварийного строительства. При проектировании обязательным должно стать изучение опыта строительства схожих объектов. Избежать аварийных ситуаций можно, привлекая к работам только квалифицированных подрядчиков, а также выполнение на строительной площадке регулярного технического надзора заказчиком и авторского надзора проектировщиком.

#### Список литературы

- 1 **Колыбин, И. В.** Подземные сооружения и котлованы в городских условиях – опыт последнего десятилетия / И. В. Колыбин // Российская геотехника – шаг в XXI век : труды юбилейной конф., посвящ. 50-летию РОМГТиФ. – 2007. – 34 с.
- 2 **Петрухин, В. П.** Опыт проектирования и мониторинга подземной части Турецкого торгового центра / В. П. Петрухин, О. А. Шулятьев, О. А. Мозгачева // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2004. – № 5. – С. 2–8.
- 3 **Мангушев, Р. А.** Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах / Р. А. Мангушев, Н. С. Никифорова. – М. : АСВ, 2013.
- 4 **Жадан, О. В.** Аварийность и травматизм на строительных объектах / О. В. Жадан, Ю. Д. Ильина // Вестник студенческого научного общества. Ч 1. – СПб. : ГАУ. – 2013. – С. 314–316.

УДК 621.355.9

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ СОВРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

*И. С. ДЕМИДОВИЧ, В. А. САВИН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современном мире электротранспорт уже используется достаточно широко, однако в будущем его количество увеличится на порядок, к чему есть масса предпосылок. Сердцем любого электрического транспортного средства является аккумуляторная батарея (АКБ). Этот элемент, как правило, самый массивный и самый дорогой. Но именно АКБ является одним из самых ненадежных агрегатов во всей конструкции ТС. В первую очередь это связано с ограниченным сроком службы самих аккумуляторных ячеек, из которых и собирается батарея. Однако важнейшим фактором является и пожароопасность, а иногда и взрывоопасность АКБ. В мире происходит множество трагических случаев, виной которым становятся аккумуляторы, начиная от возгорания мобильных телефонов, заканчивая взрывом АКБ электромобилей при ДТП или во время зарядки.

Безопасность АКБ электрических транспортных средств зависит от нескольких факторов, важнейшими из которых являются качество аккумуляторных элементов и их тип. Проблема качества применяемых элементов питания зависит от политики производителя электрических ТС, но боль-

шинство крупных компаний применяют ячейки проверенных производителей, оснащенных необходимым минимумом внутренних защит, а главное, испытанных в лабораторных условиях при различных режимах эксплуатации. Использование в конструкции только надежных элементов приводит к удорожанию конечного продукта, но эта плата в первую очередь за безопасность пользователя, а во вторую – за длительную безотказную эксплуатацию АКБ.

Следующим важнейшим фактором является тип АКБ. В современном электротранспорте используются самые различные типы аккумуляторов: свинцово-кислотные (Pb), никель-кадмиевые (Ni-Cd), никель-металлгидридные (Ni-MH), литиевые (Li-ion, Li-Po, LiFePO<sub>4</sub>, LTO).

Однако большинство электрических ТС оснащаются именно литиевыми АКБ, так как они выгодно отличаются от всех остальных типов лучшими характеристиками. Но и литиевые аккумуляторы бывают разные. Наиболее часто встречаемые – литий-ионные (Li-ion) АКБ. Они в свою очередь являются одними из самых пожароопасных.

**Li-ion.** Аккумуляторы данного типа обладают высокой энергоемкостью (до 280 Вт·ч/кг), наиболее часто встречаются в формате цилиндрических ячеек различных типоразмеров, самые популярные – 18650, 21700, 32650. Из таких элементов чаще всего собирают аккумуляторные батареи для электровелосипедов, электрокаров, аккумуляторного инструмента и т. д. Минимальное напряжение для Li-ion аккумулятора варьируется от 2,5 до 2,75 V, максимальное – от 4,2 до 4,35 V.

В свою очередь Li-ion аккумуляторы имеют разные типы химии:

**ICR** – в аккумуляторах с такой маркировкой в качестве материала катода используется кобальт лития. Главным преимуществом таких аккумуляторов является их стоимость. У них сравнительно небольшая емкость (2000–2500 mA·h в типоразмере 18650) и низкие показатели токоотдачи (1–2C, где C – емкость аккумулятора в амперах). Используются они, например, в АКБ для ноутбуков. Это самый небезопасный тип Li-ion аккумуляторов, они наиболее чувствительны к перезаряду, перегреву, и механическим повреждениям. Категорически не рекомендуется использовать без платы BMS (battery management system) – система управления и защиты батареи, а также в устройствах, потребляющих большие токи (>2C).

**IMR** – в аккумуляторах с такой маркировкой в качестве материала катода используется литий-марганец. Этот тип Li-ion аккумуляторов способен выдерживать токи до 4–10C, что значительно расширяет область их применения. Емкость приблизительно такая же, как и у ICR – до 2500 mA·h. Этот тип аккумуляторов более безопасен, в сравнении с ICR, поскольку гораздо меньше подвержен нагреву в диапазоне рабочих токов.

**INR** – в аккумуляторах с такой маркировкой в качестве материала катода используется никелат лития. Этот тип Li-ion аккумуляторов способен выдерживать токи до 4–10C, но в отличие от IMR может иметь гораздо более высокую емкость – до 3500 mA·h. Так же незначительно подвергнут нагреву, при соблюдении рабочих токов.

**NCR** – в аккумуляторах с такой маркировкой в качестве материала катода используется никелат лития и кобальт. Этот тип Li-ion аккумуляторов способен выдерживать токи до 2C. Имеет высокую емкость – до 3500 mA·h. Главным преимуществом является высокий срок службы – более 500 циклов заряда-разряда. Особенностью сборки АКБ из NCR элементов, если работа батареи планируется на токах, близким к максимально допустимым, является обязательный контроль температуры, такой возможностью обладают некоторые платы BMS.

К возгоранию Li-ion аккумуляторов может привести множество причин, среди которых заводской брак, перезаряд, переразряд, короткое замыкание, перегрев вследствие длительной перегрузки или внешнего теплового воздействия, механическое повреждение. Причем, если большинство качественных элементов прекрасно противостоят нарушениям параметров зарядки/разрядки, коротким замыканиям, перегрузкам и т. п., абсолютное большинство из них при перегреве и механическом повреждении воспламеняются.

**Li-Po.** Эти аккумуляторы очень близки по своим характеристикам к Li-ion. Они широко используются в мобильных устройствах, носимой электронике, электротранспорте и т.п., обладают еще большей энергоемкостью, чем Li-ion. Рабочий диапазон напряжения – минимальное от 2,5 до 2,75 V, максимальное – от 4,2 до 4,35 V. Ключевое отличие от Li-ion – это огромная разнообразность типоразмеров. Все причины возгорания Li-ion элементов справедливы и для Li-po, но в сравнении с Li-ion такие аккумуляторы гораздо более чувствительны к механическим повреждениям ввиду непрочного корпуса, они не любят тряску и не имеют защитных клапанов.

**LiFePO<sub>4</sub>.** Данный тип аккумуляторов чаще всего используется в качестве замены свинцовых АКБ, в резервных источниках питания, а также в различном электротранспорте. В сравнении с Li-ion

имеет более низкую энергоёмкость – до 190–250 Вт·ч/кг. Минимальное напряжение – 2,5 V, максимальное – 3,65V. Выгодно отличаются от Li-ion аккумуляторов большим ресурсом (3000 циклов до потери 20 % ёмкости). Также это более безопасный тип литиевых аккумуляторов, они имеют очень высокую термическую и химическую стабильность, то есть при перегреве и механическом повреждении LiFePO<sub>4</sub> не самовозгорается. Но также стоит понимать, что хоть LiFePO<sub>4</sub> и не склонен к химическому горению, неисправная АКБ, например, при коротком замыкании способна разогреться до высоких температур, что в свою очередь может спровоцировать возгорание окружающих батарею предметов.

**ЛТО.** Литий-титанатные аккумуляторы используются там, где требуется большая токоотдача, например, в АКБ городского электротранспорта. Характеризуются высочайшей долговечностью – до 25000 циклов заряда-разряда. Имеют еще более низкую энергоёмкость – до 110 Вт·ч/кг. Минимальное напряжение на элементе – 1,6 V, максимальное – 2.7 V. Так же как и LiFePO<sub>4</sub>, литий-титанат считается довольно безопасным типом аккумуляторов, т. к. не подвержен самовозгоранию в случае возникновения нештатной ситуации, а также способен выдерживать огромные токи заряда и разряда.

Последние два типа аккумуляторов являются наиболее подходящими для применения в электротранспорте, так как значительно безопасней Li-ion аккумуляторов, не воспламеняются при повреждении батареи в случае ДТП. Еще одним их плюсом является значительно большая долговечность, что крайне важно для экономической эффективности электрических транспортных средств.

#### Список литературы

- 1 Хрусталёв, Д. А. Аккумуляторы / Д. А. Хрусталёв. – М. : Изумруд, 2003.
- 2 Скудин, А. М. Наноматериалы в современных химических источниках тока / А. М. Скудин, О. А. Брылев. – М. : МГУ, 2011.
- 3 VOLTBIKES. Мастерская и магазин электротранспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.voltbikes.ru/blog/about-li-ion/pozharoопасnost-litievых-akkumulyatorov/#hcq=gBJ16cs>. – Дата доступа : 11.09.2020.
- 4 Электротранспорт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://electrotransport.ru/ussr/index.php?topic=56731.72>. – Дата доступа : 10.05.2020.

УДК 625.8

## ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТРАНСПОРТЕ

*Д. С. ДЕНИСЕНКО*

*Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь*

Ежедневно транспортные средства осуществляет свои функции в различных, в том числе и особых, условиях: на земле, под землей, в воздухе, на воде. Транспортные средства могут быть разделены на классы: наземный (подземный), воздушный (космический), водный (подводный), специальный и подклассы:

- наземный безрельсовый – автомобили, автобусы, троллейбусы, тракторы, мотоциклы, мотороллеры, мопеды, велосипеды, снегоходы, вездеходы, телеги, сани;
- наземный (подземный) рельсовый – железнодорожные поезда, поезда метрополитена, трамваи, дрезины, монорельсовый;
- воздушный – самолеты, вертолеты, планеры, дельтапланы, дирижабли, аэростаты, амфибии (гидропланы и экранопланы);
- космические – спутники, станции, корабли;
- водный морской и водный речной – теплоходы, катера, танкеры, сухогрузы, паромы, баржи, буксиры, контейнеровозы, сейнеры, ледоколы, парусники, плоты, гребные суда, катамараны, суда на воздушной подушке;
- подводные – подводные лодки, батискафы, батисферы;
- специальные – эскалаторы, лифты, фуникулеры, канатные дороги, трубопроводы.

Появление автомобиля дало человеку множество удобств, без которых сложно представить современную жизнь: большую скорость передвижения, перевозка различных грузов на любые расстояния и др. Благодаря этому он стал самым распространенным транспортным средством.