ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59196— 2020 (ИСО 17546:2016)

БАТАРЕИ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Оценка жизненного цикла

(ISO 17546:2016, Space systems — Lithium ion battery for space vehicles — Design and verification requirements, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Национальной ассоциацией производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4, и Федеральным государственным унитарным предприятием «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 044 «Аккумуляторы и батареи»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 ноября 2020 г. № 1132-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 17546:2016 «Космические системы. Батареи литий-ионные для космических аппаратов. Требования к конструкции и подтверждению соответствия» (ISO 17546:2016 «Space systems — Lithium ion battery for space vehicles — Design and verification requirements», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, ссылок), которые выделены в тексте курсивом, и исключения отдельных положений, которые дублируются по тексту стандарта.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет целесообразности использования ссылочных национальных стандартов вместо ссылочных международных стандартов.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2016 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
1.1 Жизненный цикл 1
1.2 Рабочие характеристики 2
1.3 Безопасность 2
1.4 Логистика 2
2 Нормативные ссылки 3
3 Термины и определения 3
4 Обозначения и сокращения 7
5 Аккумулятор 7
5.1 Рабочие характеристики 7
5.2 Безопасность 11
5.3 Логистика 15
6 Батарея 16
6.1 Рабочие характеристики 16
6.2 Безопасность 25
6.3 Логистика 31
7 Батарея на борту космического летательного аппарата 32
7.1 Рабочие характеристики 33
7.2 Безопасность 34
7.3 Логистика 34
8 Установка аккумуляторных батарей 35
8.1 Рабочие характеристики 36
8.2 Безопасность 36
8.3 Логистика 36
9 Работа аккумуляторных батарей на орбите и окончание срока службы 39
Приложение А (обязательное) Допуски измерения параметров 40
Приложение В (справочное) Пример квалификационных испытаний аккумуляторов 41
Приложение С (справочное) Метод оценки риска 42
Приложение D (обязательное) Меры безопасности при обращении с батареями 45
Приложение Е (обязательное) Транспортирование 47
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 50
Библиография 51

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БАТАРЕИ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Оценка жизненного цикла

Lithium ion battery for space vehicles. Life cycle assessment

Дата введения — 2021—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на литий-ионные (включая полимерные литий-ионные) аккумуляторные батареи (ЛИАБ) для космических аппаратов (КА) и устанавливает требования к оценке жизненного цикла, включая обеспечение безопасности и верификацию необходимого уровня рабочих характеристик. В настоящем стандарте установлены термины и определения понятий «рабочие характеристики», «безопасность» и «логистика» применительно к ЛИАБ.

Настоящий стандарт распространяется на вторичные (перезаряжаемые) литий-ионные электрохимические системы, в составе положительных и отрицательных электродов которых использованы интеркалированные соединения лития (интеркалированный литий находится в атомной решетке электродного материала в форме ионов или в квазиатомном виде).

Настоящий стандарт распространяется на аккумуляторную батарею в сборе, аккумулятор как составляющий аккумулятор, которые должны соответствовать требованиям, установленным в нормативных документах на конкретный вид ЛИАБ.

Настоящий стандарт не рассматривает вопросы удаления и переработки ЛИАБ, но содержит рекомендации по их удалению.

1.1 Жизненный цикл

Жизненный цикл батареи начинается с момента активации аккумуляторов и продолжается в течение всех последующих этапов изготовления, приемочных испытаний, обслуживания, хранения, транспортирования, предпусковых испытаний, запуска и работы во время полета.

В настоящем стандарте жизненный цикл батареи, начиная с момента активации аккумуляторов до момента запуска, рассмотрен с учетом срока годности, т. к. расчет срока службы и оценка батареи на земле необходимы для обеспечения требуемого уровня рабочих характеристик и безопасности на протяжении всего жизненного цикла, включая эксплуатацию в космосе.

В каждом разделе настоящего стандарта рассмотрены понятия «рабочие характеристики», «безопасность» и «логистика» с учетом специфики каждой стадии жизненного цикла *(см. рисунок 1)*.

Примечание — Стадии 3 и 5 включают в себя период хранения, предусматривающий выполнение проверок некоторых рабочих характеристик.

Издание официальное



Рисунок 1 — Жизненный цикл ЛИАБ для КА

1.2 Рабочие характеристики

Для батарей, предназначенных для КА, установлены параметры оценки рабочих характеристик и методы ее проведения. В настоящем стандарте рассмотрены рабочие характеристики батареи на всех стадиях жизненного цикла.

В разделе «рабочие характеристики» установлена терминология, описывающая основные рабочие характеристики батареи, типичное использование (профиль заряда и разряда), обеспечение качества, метод проведения испытаний.

1.3 Безопасность

Настоящий стандарт разработан в соответствии с требованиями *ГОСТ Р 57149*.

В настоящем стандарте приведены классификация потенциальных видов опасностей в условиях нормального использования в течение жизненного цикла, причины потенциальных опасностей, таких как возгорание, образование разрывов/взрывов, утечка электролита из аккумуляторов, стравливание, прожоги вследствие воздействия чрезмерно высоких внешних температур, образование разрывов корпуса батареи с выходом внутренних компонентов, а также образование дыма. В настоящем стандарте установлены методы проведения анализа типичных рисков, анализ опасности и анализ дерева отказов (АДО) в течение жизненного цикла батареи. Метод контроля опасности распределен и адаптирован к каждому этапу жизненного цикла в соответствии со стандартами на конкретный вид ЛИАБ.

В испытания на соответствие требованиям безопасности включают пункты из [*1*], часть III, подраздел 38.3 или [*2*].

В настоящем стандарте установлены меры безопасности при обращении с ЛИАБ для КА. Меры безопасности направлены на снижение риска возгорания или взрыва при использовании ЛИАБ в КА. Возможность применения ЛИАБ зависит от варианта их использования в КА, которые должны соответствовать требованиям безопасности с учетом определенной дальности полета или полезной нагрузки.

Меры безопасности также предназначены для снижения риска травмирования людей в результате пожара или взрыва, когда они находятся на стартовой площадке, при транспортировании, во время проведения испытаний и в процессе изготовления батарей (см. [*2*]).

1.4 Логистика

В настоящем стандарте понятие «логистика» означает не только физическое распределение и транспортирование батарей, но также описание правил и мер предосторожности при обращении с

ними, а также изменение параметров батареи (статус и состояние аппаратуры, рекомендуемые условия окружающей среды) в соответствии с заданными требованиями на каждом этапе жизненного цикла.

В логистику также включены меры предосторожности, применяемые на стадиях изготовления, сборки, обработки, испытаний, хранения, упаковки и транспортирования.

В логистику включены различные меры предосторожности и обоснование их применения для поддержания эксплуатационных характеристик и безопасности ЛИАБ для КА, с учетом соответствующих стандартов и правил. Каждый пункт, в котором приведено описание требований, изложенных в других документах, содержит ссылки на эти документы, так как каждый документ или правило подлежат рассмотрению в отдельном порядке.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52925 Изделия космической техники. Общие требования к космическим средствам по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства

ГОСТ Р 57149—2016/ISO/IEC Guide 51:2014 Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты

ГОСТ Р МЭК 62133-2 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности портативных герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 2. Системы на основе лития

ГОСТ Р МЭК 62281 Первичные и вторичные литиевые элементы и батареи. Безопасность при транспортировании. Требования и методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ускоренные испытания** (accelerated test): Испытания, разработанные в целях сокращения времени испытаний на воздействие условий окружающей среды по сравнению с обычной эксплуатацией путем увеличения частоты, амплитуды, продолжительности воздействий или комбинации параметров этих воздействующих во время эксплуатации, факторов окружающей среды.

Примечание — См. [3].

3.2 **активация** (activation): Процесс приведения собранного аккумулятора в рабочее состояние в процессе производства на предприятии-изготовителе путем заливки электролита, который используется для определения начала срока годности батареи.

Примечание — См. [4]—[7].

3.3 **старение** (aging): Непрерывная потеря емкости вследствие повторяющегося циклирования или прохождения времени от момента активации.

Примечание — См. [6].

3.4 **батарея** (battery): Два или более аккумуляторов, электрически соединенные друг с другом, оборудованные устройствами, необходимыми для их использования, например корпусом, выводами, содержащие маркировку и оснащенные защитными устройствами.

Примечания

1 Батарею, состоящую из одного аккумулятора, рассматривают как «аккумулятор».

2 Батарея также может включать в себя некоторые другие комплектующие, такие как устройства электрического шунтирования, электронные устройства контроля заряда, нагреватели, датчики температуры, тепловые выключатели и элементы терморегуляции (см. [4], [5]).

3 Блоки, которые, как правило, называют «батарейными блоками», «модулями» или «батарейными сборками», главная функция которых служить источниками питания для других частей оборудования, в тексте настоящего стандарта рассматривают как батареи (см. [1]).

4 См. [1].

3.5 **календарная потеря** (calendar loss): Ухудшение электрических характеристик с течением времени после активации.

3.6 **аккумулятор** (cell): Единичное электрохимическое устройство в корпусе (с одним положительным и с одним отрицательным электродом)[1)], обладающее разностью потенциалов между двумя его выводами.

Примечание — См. [1].

3.7 **потенциальная опасность** (dangerous phenomenon): Возгорание, разрыв/взрыв, утечка электролита аккумулятора, сброс давления, прожоги от чрезмерно высоких температур наружной среды, образование разрывов корпуса батареи с выходом внутренних компонентов, а также образование дыма.

3.8 **разрушение аккумулятора** (disassembly): Сброс давления или разрыв аккумулятора, при котором твердое вещество любой части аккумулятора или батареи проникает за экранирующую сетку (сетка из отожженного алюминия с диаметром проволоки 0,25 мм и плотностью сетки от шести до семи проволок на 1 см), размещенную на расстоянии 25 см от аккумулятора или батареи.

Примечание — См. [1].

3.9 **разлив** (effluent): Выделение жидкости или газа при сбросе аккумулятором давления или протечке.

Примечание — См. [1].

3.10 **взрыв** (explosion): Условие, при котором происходит резкое вскрытие корпуса аккумулятора или батареи и принудительный выброс основных компонентов, вследствие чего происходит разрыв или раскол корпуса аккумулятора или батареи.

Примечание — См. ГОСТ Р МЭК 62133-2, а также [2].

3.11 **внешнее короткое замыкание** (external short circuit): Прямое соединение между положительным и отрицательным токовыводами аккумулятора или батареи проводником с сопротивлением менее 0,1 Ом.

Примечания

1 — Внешнее короткое замыкание происходит в том случае, если прямое соединение между положительным и отрицательным выводами имеет сопротивление настолько низкое, что через аккумулятор протекает ток, превышающий нормированный.

2 — См. [1].

3.12 **деградация** (fading): Ухудшение электрических характеристик вследствие циклирования[2)].

Примечание — Оценку проводят посредством проведения ресурсных испытаний при циклировании.

3.13 **возгорание** (fire): Выброс пламени из аккумулятора или батареи.

Примечание — См. [1], а также ГОСТ Р МЭК 62133-2.

3.14 **выделение газа** (gassing): Образование газа на одном или более электродах аккумулятора.

Примечание — См. [6].

---

1) Наборы электродов, соединенных электрически внутри корпуса аккумулятора, рассматриваются как один электрод.

2) Деградация является следствием не только циклирования, но и просто временных изменений в материалах аккумулятора, носящего название «старение».

3.15 **вред** (harm): Нанесение телесных повреждений или ущерба здоровью людей, причинение ущерба имуществу или окружающей среде.

3.16 **опасность** (hazard): Потенциальный источник вреда.

Примечание — Термин «опасность» приведен с целью определения происхождения или характера потенциального вреда (например, опасность поражения электрическим током, опасность раздавливания, опасность порезов, опасность отравления, опасность возникновения пожара, опасность утопления).

3.17 **герметичное уплотнение** (hermetic seal): Постоянное уплотнение, непроницаемое для компонентов среды.

Примечание — См. [3].

3.18 **интеркаляция** (intercalation): Процесс, при котором ионы лития обратимо встраиваются в принимающий материал или удаляются из него, не вызывая существенных изменений в структуре этого материала.

Примечание — См. [7].

3.19 **использование по назначению** (intended use): Использование изделия, процесса или услуги в соответствии со спецификацией, инструкциями, а также информацией, предоставленной поставщиком.

Примечание — См. ГОСТ Р МЭК 62133-2.

3.20 **внутреннее сопротивление** (internal resistance): Сопротивление протеканию электрического тока в аккумуляторе или батарее, представляющее собой сумму электронного и ионного сопротивления, что в совокупности с индуктивными/емкостными составляющими дает общее полное сопротивление.

3.21 **утечка** (leakage): Визуально заметное выделение электролита или другого материала из аккумулятора или батареи, либо потеря материала из аккумулятора или батареи (за исключением корпуса батареи, устройств или этикеток) в массе, превышающей значения, указанные в таблице *1*.

Примечания

1 Потеря массы означает уменьшение массы, превышающее значения, указанные в таблице *1*.

Таблица *1* — Таблица предельных значений потери массы

Масса аккумулятора *M*, г	Предел потерь массы, %
$M < 1$	0,5
$1 \le M \le 75$	0,2
$M > 75$	0,1

2 Количественное определение потери массы, %, вычисляют по формуле

$$\text{Потеря массы} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \cdot 100,$$

где M_1 — масса до испытаний;

M_2 — масса после испытаний.

Если значение потери массы не превышает значений, указанных в таблице 1, то это следует рассматривать как «отсутствие потери массы» (см. [*1*]).

3.22 **ресурс** (life): Долговременность поддержания требуемых рабочих характеристик (например, уровня емкости не менее 50 % от значения в начале эксплуатации) в годах (календарный срок службы) или в числе циклов заряда-разряда.

Примечание — См. [6].

3.23 **литий-ионная батарея** (lithium ion battery): Электрохимический аккумулятор или батарея, в которой и положительный и отрицательный электроды представляют собой интеркаляционные со-

единения (ионы лития в ионной или квазиатомной форме встроены в решетку материала электрода), и который не содержит металлического лития ни в одном из электродов.

Примечание — См. [1].

3.24 **профиль нагрузки** (load profile): Отображение количества энергии, требуемой от батареи для поддержания работоспособности используемой системы, как правило, выраженное в форме графической зависимости требуемого тока от времени.

Примечание — См. [7].

3.25 **партия** (lot): Изделия, выпускаемые в течение продолжительного периода времени без нарушения цикличности производства и без изменения процесса производства или конструкции.

Примечание — См. [5].

3.26 **напряжение разомкнутой цепи;** НРЦ (open circuit voltage): Разность напряжения между выводами аккумулятора или батареи, измеряемая в состоянии разомкнутой цепи (при отсутствии какого-либо внешнего тока).

Примечание — См. [1], [6].

3.27 **перезаряд** (overcharge): Заряд сверх максимального предела напряжения, рекомендованного изготовителем.

3.28 **переразряд** (over discharge): Разряд аккумулятора или батареи после достижения значения напряжения, установленного поставщиком аккумуляторов, при котором полная емкость отдана.

Примечание — Непрерывный разряд аккумулятора или батареи ниже нуля вольт, приводящий к смене полярности напряжения, определяется как принудительный разряд.

3.29 **вероятность наступления события** (probability of occurrence): Теоретическая количественная оценка возможности наступления определенного события.

Примечание — См. [3].

3.30 **защитные устройства** (protective devices): Устройства, такие как предохранители, шунты, диоды и ограничители тока, которые прерывают прохождение тока, блокируют прохождение тока в одном направлении или ограничивают величину тока в электрической цепи.

Примечание — См. [1].

3.31 **обоснованно прогнозируемое неправильное использование** (reasonable foreseeable misuse): Использование изделия, процесса или услуги способом, не предусмотренным поставщиком, но который является результатом легко предсказуемого поведения человека.

Примечание — См. ГОСТ Р МЭК 62133-2.

3.32 **разрыв** (rupture): Механическая неисправность корпуса аккумулятора или батареи, вызванная внутренней или внешней причиной и приведшая к выходу газов или разливу электролита, но не выбросу твердых материалов.

Примечание — См. *[1].*

3.33 **саморазряд** (self-discharge): Явление снижения степени заряженности в условиях разомкнутой внешней цепи аккумулятора и/или батареи из-за токов утечки или побочных электрохимических процессов.

3.34 **предел срока годности** (shelf life limit): Максимально допустимое время с момента активации аккумулятора до запуска КА, которое включает любое время хранения, независимо от температуры и условий хранения.

Примечание — См. [4], [5].

3.35 **космическое качество** (space quality): Высокая надежность, необходимая для космических аппаратов и оборудования, предназначенных для использования в космосе.

3.36 **адаптация** (tailoring): Процесс выбора характеристик/допусков и условий проведения испытаний, методов, процедур, последовательностей и условий, а также изменения критических проектных и испытательных значений, критериев условий отказа и т. д., для учета влияния конкретных факторов

воздействия окружающей среды, которым материал, как правило, подвергается в течение своего жизненного цикла.

Примечание — См. [3].

3.37 **тепловой разгон** (thermal runaway): Неконтролируемое состояние, при котором в течение короткого промежутка времени (секунды) происходит разогрев аккумулятора или батареи и достижение очень высоких температур за счет внутреннего тепловыделения, вызванного внутренним коротким замыканием или ненадлежащим состоянием

Примечание — См. [6].

3.38 **сброс давления** (vent): Сброс избыточного внутреннего давления аккумулятора или батареи способом, предусмотренным их конструкцией для предотвращения образования разрывов или разрушения батареи.

Примечание — См. [1], [7], а также ГОСТ Р МЭК 62133-2.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

С — емкость, А·ч;
АВПКО — анализ видов последствий и критичности отказов (см. [*8*]);
АДО — анализ дерева отказов;
ГР — глубина разряда (см. [*6*]);
ГСО — геосинхронная земная орбита;
ИПС — изопропиловый спирт;
КА — космический аппарат;
ЛИА — литий-ионный аккумулятор;
ЛИАБ — литий-ионная батарея;
НВО — наземное вспомогательное оборудование;
НКЗ — напряжение конца заряда (см. [*8*]);
НКР — напряжение конца разряда (см. [*8*]);
НОО — низкая околоземная орбита;
НРЦ — напряжение разомкнутой цепи;
ПМ — постоянная мощность;
ПН — постоянное напряжение;
ПТ — постоянный ток;
ПТК — положительный температурный коэффициент сопротивления;
ПТ–ПН — постоянный ток — постоянное напряжение;
РФА — разрушающий физический анализ;
СЗ — степень заряженности;
СКЗ — среднеквадратическое значение;
УПТ — устройство прерывания тока.

5 Аккумулятор

5.1 Рабочие характеристики

5.1.1 Общие положения

В настоящем подразделе приведено описание электрохимических рабочих характеристик одиночного аккумулятора с учетом требований других стандартов.

В каждом пункте установлены требования, соответствие которым следует проверять, когда конкретные аккумуляторы предназначены для применения в батареях для КА.

Аккумулятор, который входит в состав батареи, определяют как составляющий аккумулятор.

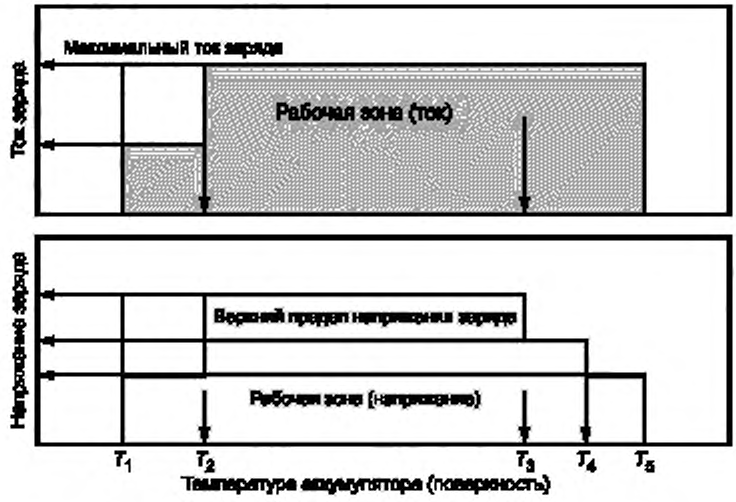
Размеры аккумулятора, например малого или большого формата, определяют с учетом [*1*] и *ГОСТ Р МЭК 62281*.

В настоящем стандарте приведены рекомендуемые параметры для квалификационных испытаний, требования по обеспечению гарантии качества летных аккумуляторов.

5.1.2 Терминология

Для понимания требований, предъявляемых при оценке характеристик аккумуляторов, используют следующие термины и определения.

Рабочая зона аккумулятора — условия при заряде и разряде, в которых работает аккумулятор в пределах диапазонов напряжения, тока и температур, установленных изготовителем аккумулятора. Пример графического изображение рабочей зоны аккумулятора представлен на рисунке 2 [1].



T_1—T_2 — диапазон низких температур; T_2—T_3 — стандартный диапазон температур, T_3—T_4, T_4—T_5 — диапазоны высоких температур

Рисунок 2 — Пример представления рабочей зоны аккумулятора (см. [2])

Максимальный ток заряда с точки зрения обеспечения безопасности — Максимальный ток заряда в рабочей зоне аккумулятора, который установлен изготовителем аккумулятора в целях обеспечения безопасности (см. [2]).

Пределы тока заряда для обеспечения необходимого уровня рабочих характеристик аккумулятора — Пределы тока заряда[1)] в рабочей зоне аккумулятора, которые установлены изготовителем аккумулятора в целях обеспечения рабочих характеристик. Указанные пределы не должны превышать значения максимального тока заряда.

5.1.3 Требования по обеспечению гарантии качества

Аккумулятор должен быть изготовлен в соответствии с требованиями программы менеджмента качества, содержание которой регламентируется Рекомендацией ООН (см. приложение Е).

Приемочные испытания на уровне аккумуляторов проводят до их установки в летное оборудование с батарейным питанием.

Программа приемочных испытаний литий-ионных аккумуляторов в качестве обязательного минимума включает в себя следующее:

a) проверку внешнего вида;
b) проверку герметичности;
c) измерение размеров и массы;
d) измерение НРЦ;

[1)] *Пределы могут быть разные в разных частях рабочей зоны.*

e) испытания на саморазряд, а также определение емкости или энергии;

f) проверку внутреннего сопротивления.

В составе приемочных испытаний должны быть проведены испытания на воздействие внешних факторов, такие как виброустойчивость, циклическое изменение температуры, а также испытания устройств безопасности, таких как УПТ/ПТК и т. п. Критерии соответствия для всех испытаний устанавливает изготовитель батареи.

Анализ тенденций данных испытаний (см. [*4*])

В процессе проведения приемочных испытаний по всем последовательным партиям производства следует контролировать основные рабочие параметры, такие, как сохраняемость заряда, емкость или энергию, напряжение при максимальной нагрузке и сопротивление с целью выявления возможного ухудшения рабочих характеристик аккумуляторов вследствие непредвиденной замены используемых материалов или изменения процесса производства аккумуляторов (анализ тенденций).

Также проводят дополнительные испытания, например проверку:

a) напряжения замкнутой цепи;

b) устойчивости при циклировании и вибрации;

c) устойчивости к воздействию циклического изменения температуры;

d) устойчивости к воздействию ионизирующих излучений космического пространства;

e) внутреннего сопротивления;

f) испытания при входном контроле;

g) электрические испытания на длительное циклирование.

Для проверки применимости материалов необходимо проведение испытаний на дегазацию/газопоглощение. Любой аккумулятор с любыми признаками утечки электролита считают не прошедшим эту проверку.

Следует проверить дату изготовления аккумуляторов, предназначенных для летного использования, и убедиться в том, что сроки, указанные в перечне сроков хранения для изделий с ограниченным сроком службы, не превышены.

Допуски измерения параметров представлены в приложении А.

5.1.4 Квалификационные испытания аккумуляторов

В соответствии с 5.2.1 стандартные квалификационные испытания аккумуляторов включают в себя функциональные испытания (эксплуатационные, устойчивость при циклировании), испытания на устойчивость к воздействию условий окружающей среды (виброустойчивость, температурные, термовакуумные, воздействие ионизирующего излучения), а также испытания на безопасность, или другие испытания, проведение которых необходимо при использовании определенных видов аппаратуры или для определенных условий использования аккумулятора (см. [*5*], [*9*], [*10*]).

Пример квалификационных испытаний аккумуляторов приведен в приложении В.

Для использования аккумуляторов в условиях космоса критически важными являются значения параметров, проверку которых выполняют в процессе проведения испытаний на герметичность, безопасность, устойчивость к воздействию механических внешних факторов, ионизирующего излучения, циклирования, температуры, а также термовакуумных испытаний. Ниже приведено описание типичных методов испытаний и установлены критерии оценки результатов испытаний. Методы оценки данных не ограничиваются приведенным описанием.

Испытания на герметичность (газовыделение)

В рамках проведения приемочных испытаний каждый аккумулятор/батарею подвергают испытанию на герметичность.

Критерии: максимальная эквивалентная скорость утечки гелия не должна превышать $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ Па·м^3/с.

Испытания на безопасность

Чтобы исключить возможность ситуации воспламенения или возгорания, каждый аккумулятор проверяют испытаниями на воздействие перезаряда, переразряда и сверхтока (испытание на короткое замыкание).

Температурные/термовакуумные испытания (см. [*5*])

Испытания аккумуляторов должны проходить в условиях среды, которые максимально приближены к условиям эксплуатации. Температурные условия среды являются фактором, в существенной степени влияющим на работу аккумуляторов. Квалификационный диапазон температур должен охватывать диапазон температур, воздействующих при орбитальном полете, и обеспечивать достаточную

нагрузку на корпус для проверки сохранения герметичности аккумулятора. Для проверки надежности герметичности уплотнения испытания аккумуляторов проводят также в условиях вакуума.

Испытания на воздействие механических внешних факторов

При испытании на воздействие механических внешних факторов, включая испытания на воздействие синусоидальных и случайных вибраций и ударных нагрузок, должны быть учтены все возможные режимы полета.

В таблицах *2—4* представлены примеры уровней воздействия механических внешних факторов в условиях окружающей среды для аккумуляторов.

При задании значений характеристик механических воздействующих факторов применяют величину ускорения свободного падения на поверхности Земли, имеющую обозначение «g», за стандартное значение которой принимают 9,8 м/с^2.

Таблица *2* — Синусоидальная вибрация

Ось	Квалификация	
	Частота, Гц	Амплитуда/Ускорение
Все оси	5—22 22—100	20 мм (удвоенная) 20 g

Частота колебаний: 2 октавы/мин.

Таблица *3* — Случайная вибрация

Ось	Частота, Гц	Уровень
По длине аккумулятора. Ось *Z* аккумулятора	20—50	+6 дБ/окт.
	50—300	0,2 g^2/Гц
	300—450	+12 дБ/окт.
	450—700	1,0 g^2/Гц
	700—1000	–19,43 дБ/окт.
	1000—2000	–3 дБ/окт.
	Всего (СКЗ)	23,68 g
В плоскости аккумулятора. Поперечное сечение. Оси *X* и *Y* для прямоугольной формы	20—50	+6 дБ/окт.
	50—100	0,1 g^2/Гц
	100—150	+17,1 дБ/окт.
	150—250	1,0 g^2/Гц
	250—284	–12 дБ/окт.
	284—500	0,6 g^2/Гц
	500—783	–12 дБ/окт.
	783—1000	0,1 g^2/Гц
	1000—2000	–3 дБ/окт.
	Всего (СКЗ)	21,19 g

Продолжительность: 180 с для каждой оси.

Таблица 4 — Ударная нагрузка

Ось	Частота, Гц	Ускорение, м/с^2
Все оси	200	24 g
	1400	4,200 g
	4000	4,200 g

Три раза для каждой оси в обоих направлениях[1].

Испытания на воздействие ионизирующего излучения

Аккумуляторы должны быть подвергнуты воздействию суммарной дозы поглощенного ионизирующего излучения, по величине не менее ожидаемой во время полета.

Испытание на долговечность при циклировании

Испытание на долговечность при циклировании проводят с целью проверки рабочих характеристик партии и определения срока службы в условиях полета.

Испытания на долговечность при циклировании для проверки рабочих характеристик партии должны быть включены в анализ тенденций партий. Изготовитель обязан предусмотреть проведение репрезентативных ресурсных испытаний с применением ускоренных условий для тока и длительности циклов. Значение снижения общей энергоемкости (или емкости) аккумулятора должно быть определено после установленного числа циклов. Ниже приведен пример методики испытаний.

Для приемки партии: 100 % ГР:

1) температура $T_{бат}$, °С, ($T_{окр.сред}$/$T_{бат}$), определяется изготовителем батареи (как правило, при температуре окружающей среды);

2) ПТ—ПН; ток заряда 0,5С, А/НКЗ: $V_з$, В, определяется изготовителем;

3) ПТ; ток разряда 0,5 С, А, до НКР: $V_р$, В, определяется изготовителем.

До начала ресурсных испытаний и после каждого 100-го цикла выполняют стандартное измерение емкости.

5.1.5 Модели для анализа

Изготовитель аккумулятора обязан предоставить сборщику батарей полную информацию по всем нижеперечисленным параметрам, основанную на информации для оценки конструкции батареи от изготовителя аккумуляторов (при наличии).

Модели должны быть соотнесены с экспериментальными данными, полученными при наземной отработке и на орбите (при наличии).

a) Тепловыделение и тепловая модель

Предназначена для оценки конструкции батареи с точки зрения распределения и отвода тепла[2].

b) Структурная модель

Предназначена для оценки прочности и устойчивости конструктивного исполнения батареи.

c) Модель долговечности (старения)

Предназначена для оценки сохранения рабочих характеристик батареи на определенном уровне на протяжении всего срока службы.

5.2 Безопасность

5.2.1 Общие положения

В данном подразделе приведена информация о явлениях, представляющих опасность для незащищенных аккумуляторов, а также снабженных устройствами безопасности. Регламентированы параметры, проверку которых проводят в процессе проведения испытаний на безопасность.

Испытания на безопасность, которые должны подтвердить устойчивость ЛИАБ к одновременным отказам двух элементов, защищающих от катастрофической опасности, выполняют в рамках программы квалификационных испытаний и повторяют для каждой новой приобретенной партии той же батареи (см. [5]).

---

[1] *«В обоих направлениях» добавлено в связи с тем, что испытания на воздействие должны охватывать все возможные режимы полета.*

[2] *Тепловая модель включает в себя распределение градиента температур внутри аккумуляторной батареи в зависимости от режимов заряда-разряда и выделение тепла на конструктив КА.*

5.2.2 Определения и контроль потенциальных опасностей

Виды потенциальных опасностей

В настоящем пункте приведены возможные потенциальные опасности для одиночных аккумуляторов, подвергаемых обработке (см. приложение С).

К потенциальным опасностям в настоящем стандарте *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2* (см. также [*11*]) отнесены:

a) возгорание;

b) разрыв/взрыв;

c) утечка электролита аккумулятора;

d) сброс давления;

e) прогорание вследствие воздействия чрезмерно высоких внешних температур;

f) образование разрывов корпуса ЛИАБ, приводящее к утрате защиты ее внутренних компонентов;

g) дым.

Защитные устройства как средства контроля опасностей

Для контроля опасностей аккумулятор должен быть оснащен определенными защитными устройствами. Несмотря на то, что эти устройства представляют собой надежную защиту для отдельных аккумуляторов, необходимо провести оценку возможности их использования в составе многоэлементных батарей. Для многоэлементных батарей установку защитных устройств реализуют на уровне модуля или батареи. Далее представлены типичные примеры защитных устройств контроля потенциальных опасностей.

Плавкий электрический предохранитель

Плавкий электрический предохранитель — защитное устройство, имеющее металлическую вставку, расплавляющуюся под воздействием тепла, выделяемого при чрезмерном повышении тока в цепи, что вызывает запирание ограничителя(ей) тока, и, таким образом, приводит к разрыву или открытию цепи (см. [*7*]). Блокирующие ограничители тока (внешне сбрасываемые) также могут быть защитными устройствами вместо предохранителей.

Устройство прерывания тока (УПТ)

УПТ активируется при образовании избыточного давления внутри аккумулятора, что, как правило, происходит в случае перезаряда аккумулятора и повышения значений напряжения до 5 В и более.

Устройство с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТК)

Полимерный или керамический элемент, который имеет очень низкое сопротивление и проводит электричество с очень небольшими потерями, пока не будет достигнут критический диапазон температуры или тока. При достижении установленного критического диапазона внутреннее сопротивление ПТК[1)] увеличивается экспоненциально, препятствуя прохождению тока от приложенного напряжения. Увеличение сопротивления, как правило, составляет пять-шесть порядков в диапазоне температур 25 °С. При охлаждении ниже критического температурного диапазона сопротивление устройства ПТК восстанавливается до своего прежнего значения (см. [*7*]).

Тепловой предохранитель

Тепловой предохранитель — электрический элемент с плавкой вставкой, который проводит ток, пока его температура ниже критической пороговой температуры. Как только эта пороговая температура превышена, тепловой предохранитель необратимо перестает проводить ток, как правило, из-за плавления элемента автоматического выключателя, что приводит к высвобождению пружинки, размыкающей цепь (см. [*7*]).

Шунтирующее устройство

Шунтирующее устройство используют для необратимого шунтирования блока или секции аккумуляторов на уровне батареи при выходе значений напряжения или температуры за пределы рабочих диапазонов.

Вентиляционная пробка/разрывная мембрана

Для предотвращения резкого механического разрушения корпуса батареи большинство аккумуляторов оснащены механизмом (клапаном) щадящего сброса внутреннего давления. Как правило, этот

---

1) Особенностью ПТК, которую следует учитывать при использовании, является то, что при прохождении тока сверх определенного значения ПТК начинает разогреваться, что приводит к аналогичным последствиям прерывания тока, как и при превышении температуры окружающей среды. В связи с этим ПТК может быть использован как предохранитель по току, но с низкими временными характеристиками.

клапан представляет собой специально ослабленную часть корпуса аккумулятора, которая взламывается до появления разрывов. Организацию утечки до разрыва, также используют для предотвращения риска резкого механического разрушения корпуса аккумулятора.

Отключающий сепаратор

Активация отключающего сепаратора происходит при нагреве аккумулятора до определенной температуры, что приводит к расплавлению среднего полиэтиленового слоя трехслойного разделителя.

В аккумуляторах больших размеров в качестве уровней защиты применены отключающие сепараторы, клапаны и плавкие перемычки от электрода. Активация отключающего сепаратора происходит при достижении температуры приблизительно 130 °С. Расплавление плавкой перемычки происходит при определенных значениях тока, что позволяет исключить риск возникновения опасной ситуации в условиях внешнего короткого замыкания. Срабатывание клапана, как правило, происходит при давлении более 1,03 МПа, и в некоторых случаях клапан может служить уровнем защиты от возникновения аварийной ситуации, при этом, как правило, после сброса давления аккумуляторы утрачивают свою работоспособность.

5.2.3 Испытание на безопасность

Обязательные испытания на безопасность на уровне аккумуляторов проводят для обеспечения соответствия условиям международных перевозок батарей, установленных [*1*]. В руководстве по испытаниям и критериям указаны цель и аспекты испытаний.

При квалификационных испытаниях, применяемых для КА, некоторые испытания на безопасность, такие как вибрация и удар, представленные в [*1*]), объединяют или включают в качестве эквивалентных условий испытания. Поскольку для проверки и оценки безопасности системы на уровне батареи или целиком КА, требуются оценка и отчет по токсикологии, необходимо проведение разрушающего физического анализа (РФА) с анализом электролитов (см. [*9*]).

Важные аспекты проведения испытаний

Некоторые ЛИА или ЛИАБ могут взрываться в процессе проведения испытаний, если параметры испытаний находятся вне пределов значений параметров, заложенных в конструкции аккумулятора: в основном при перезаряде или превышении температурных диапазонов.

Особое значение имеет обеспечение защиты персонала от разлетающихся фрагментов, воздействия силы взрыва, неожиданного выброса тепла, шума, являющихся последствиями таких взрывов.

Площадки для испытаний следует надлежащим образом проветривать для обеспечения защиты персонала от возможного воздействия вредных испарений и газов.

В качестве дополнительной меры предосторожности во время проведения испытаний следует осуществлять постоянный мониторинг температуры на поверхности корпуса аккумуляторной батареи.

Весь персонал, участвующий в проведении испытаний ЛИАБ, должен пройти инструктаж и знать, что никогда не следует приближаться к литиевой батарее, если ее температура достигает 90 °С, и прикасаться к ней, если температура поверхности превышает 45 °С.

Для обеспечения гарантии защиты все испытания следует проводить в защищенном помещении, отделенном от операторов (см. [*2*]).

Испытание при пониженном атмосферном давлении (Т1)

Испытание проводят с целью определения прочности аккумулятора/батареи к воздействию низкого давления во время транспортирования воздушным транспортом путем оценки целостности и герметичности. В случае использования в КА данное испытание должно быть объединено с термовакуумными испытаниями.

Температурное циклирование (Т2)

Испытание проводят с целью проверки прочности аккумулятора/батареи к воздействию температур от минус 40 °С до 72 °С при транспортировании. Для батарей, предназначенных для использования в КА (поскольку используется более широкий диапазон температур, чем диапазон температур квалификационных испытаний), температурное циклирование проводят отдельно от квалификационных испытаний.

Испытание на виброустойчивость (Т3)

Испытание проводят с целью оценки прочности аккумуляторных батарей к воздействию вибраций при транспортировании.

Для квалификации батарей, предназначенных для использования в условиях космоса, требуется применение гораздо более жесткого уровня вибронагрузок. Поэтому испытание на виброустойчивость в соответствии с требованиями (см. [*1*]) проводят совместно с квалификационными испытаниями на виброустойчивость. Для определения длительности испытания требуется провести расчет допустимых усталостных напряжений.

При проверке батарей, предназначенных для использования в КА, испытание на виброустойчивость также выполняет функцию отбраковочного испытания, предназначенного для исключения риска внутреннего короткого замыкания. Данное испытание проводят, как правило, на уровне конфигурации аккумуляторной батареи с применением условий внутренней среды КА с учетом коэффициентов усиления, приведенных в [*10*].

Испытание на ударное воздействие (Т4)

Испытание проводят на уровне конфигурации батареи с целью оценки прочности к воздействию тряски при транспортировании. Для квалификации батарей, предназначенных для использования в условиях космоса, требуется применение гораздо более высокого уровня ускорения ударной нагрузки. Поэтому испытания на виброустойчивость (см. [*1*]) проводят совместно с квалификационными ударными испытаниями.

Испытания на внешнее короткое замыкание (Т5)

Типичные отказы: случайное закорачивание на токовыводах; сильный удар/отказ защитных устройств, если используют.

Уровень аккумулятора: воздействие на аккумулятор внешнего жесткого короткого замыкания при контролируемых условиях.

Условия проведения испытаний на внешнее короткое замыкание установлены правилами [*1*] (например, сопротивление внешней цепи менее чем 0,1 Ом при (55 ± 2) °С).

Испытания на внутреннее короткое замыкание (воздействие вибрации/ раздавливание) (Т6)

Наличие загрязнений (металлических заусенцев, частиц, пыли), попадающих внутрь аккумуляторов (дефект изготовления), как правило, является причиной внутреннего короткого замыкания вследствие вибрации, моделируемого посредством грубого механического воздействия путем тряски или раздавливания аккумуляторов. Условия испытаний выбирают в зависимости от формы корпуса или размера аккумулятора.

Если сборку батарей производят из ЛИА, изготовленных в других странах, то следует использовать только аккумуляторы, прошедшие испытания на соответствие [*1*] у оригинального изготовителя аккумуляторов.

Испытание (Т7) избыточно, допускается не проводить[1)]

Испытание на переразряд (Т8)

Типичные отказы: отказ (в оборудовании) отключения по низкому напряжению; отказ платы защиты.

Условия испытания: каждый аккумулятор следует подвергнуть принудительному разряду при температуре окружающей среды путем последовательного подключения его к источнику питания с начальным током, равным максимальному току разряда, указанному изготовителем.

Необязательные испытания

Нижеперечисленные испытания являются рекомендуемыми и необязательными.

a) Испытания при высокой температуре и нагреве до сброса давления

Определение допуска на температуру аккумулятора, а также температур теплового разгона.

Следует оснастить испытуемые аккумуляторы контрольно-измерительными приборами для измерения температуры и давления.

b) Испытания на сброс давления и на воздействие разрывного внутреннего давления (только для аккумуляторов, оснащенных системой сброса давления)

Требования к конструкции: отношение величины внутреннего давления, вызывающего сброс, к величине внутреннего давления, вызывающее разрыв, должно быть не менее 3,0.

[1)] *Перечень всех испытаний Т1—Т8 для обеспечения безопасности при транспортировании приведен в [1]. Ряд испытаний допускается проводить только на отдельных аккумуляторах или только на батареях определенных конфигураций. Например, проводить испытание на перезаряд (Т7) для аккумуляторов лишено смысла, т. к. подобная ситуация на стадии транспортирования может произойти только при наличии параллельно соединенных аккумуляторов или секций (т. е. батареях) при повреждении одного из аккумуляторов.*

Испытание на сброс давления проводят на двух корпусах аккумуляторов, прошедших циклические испытания под давлением, и одном корпусе аккумулятора, для которого циклические испытания под давлением не проводились.

1) Повышают давление внутри корпусов аккумуляторов до значения $P_{нач}$, МПа (изб.)[1)], где $P_{нач}$ — начальное давление.

2) Выдерживают корпусы аккумуляторов 1 мин.

3) Проверяют отсутствие разрушения разрывных мембран.

4) Увеличивают давление в корпусах аккумуляторов на 0,05 МПа (изб.)[1)].

5) Выдерживают корпусы аккумуляторов 1 мин. Если в течение этого времени на разрывных мембранах образуется разрыв, то фиксируют значение давления как $P_{сбр}$, МПа (изб.)[1)].

6) При отсутствии разрывов повторяют действия 4) и 5) до срабатывания разрывных мембран.

7) Фиксируют значение давления в момент срабатывания разрывных мембран.

Критерии оценки: на разрывной мембране должно отсутствовать образование разрывов при давлении менее или равном 0,5 МПа. Давление срабатывания разрывных мембран $P_{сбр}$ должно более чем в три раза превышать $P_{нач}$

5.3 Логистика

5.3.1 Общие положения

В настоящем подразделе установлены требования, регламентирующие обработку, хранение, обслуживание и транспортирование аккумуляторов во время наземных работ, предшествующих предпусковым операциям.

Данные требования должны быть определены в спецификации аккумулятора и/или процедуре хранения и обработки, чтобы минимизировать ухудшение перед полетом.

Способы хранения, обращения и технического обслуживания должны соответствовать требованиям правил, позволяющих максимально снизить угрозу опасности для персонала, оборудования и летной аппаратуры (см. [*4*]).

Следует учитывать, что небрежное обращение приводит к короткому замыканию или повреждению аккумуляторов. Это вызывает утечку, разрыв, взрыв или пожар *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

Правила, касающиеся международных перевозок ЛИАБ или ЛИА, разработаны на основе рекомендаций Комитета экспертов ООН по перевозке опасных грузов.

В каждой стране или регионе действуют законы или нормативы и/или директивы. Поэтому перед транспортированием необходимо ознакомиться с последними редакциями этих правил *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

Изготовители аккумуляторов (и батарей) обязаны обеспечить изготовителей оборудования и, в случае прямых поставок, конечных пользователей соответствующей информацией, необходимой для максимального сокращения и предотвращения потенциальных опасностей.

Информирование конечных потребителей о потенциальных опасностях, связанных с использованием оборудования, в состав которого входят аккумуляторы и аккумуляторные батареи, является обязанностью изготовителя оборудования (см. приложение С *ГОСТ Р МЭК 62133-2*).

5.3.2 Производство, обращение, хранение, техническое обслуживание и проведение испытаний аккумуляторов

При производстве, обращении, хранении, техническом обслуживании и проведении испытаний аккумуляторных батарей необходимо руководствоваться следующим:

a) Способы обращения, хранения и технического обслуживания аккумуляторов, проверенные в ходе испытаний на стадии разработки и/или квалификационных испытаний, должны быть зафиксированы в процедуре обращения и хранения аккумуляторов (см. [*4*]).

b) Способы хранения, обращения и технического обслуживания должны соответствовать требованиям правил, позволяющих максимально снизить потенциальные опасности для персонала, оборудования и летной аппаратуры (см. [*4*]).

c) Максимальный срок годности должен быть определен для аккумуляторов с учетом максимального времени воздействия температурных условий окружающей среды.

Необходимо документировать время воздействия температур и (периодически) степень заряженности на уровне аккумуляторов для летного оборудования (см. [*4*]).

[1)] *МПа (изб.) означает избыточное давление над атмосферным.*

При длительном хранении аккумуляторов должны быть обеспечены физические средства защиты (см. [4]).

d) При выполнении визуального контроля рекомендуется обеспечить соблюдение следующих условий:

1) осмотр аккумуляторов проводят с целью определения отсутствия на них видимых загрязнений, таких как отпечатки пальцев, частицы, продукты коррозии, металлические стружки, окалина, масло, смазка, защитные покрытия, клей и других посторонних материалов;

2) в качестве средств проведения визуального контроля допускается применять приборы ультрафиолетовой дефектоскопии, специальные источники света и зеркала,

3) работы с компонентами и моющими средствами выполняют только в чистых полимерных перчатках;

4) поверхности соприкосновения аккумуляторов друг с другом и с корпусом отделяют друг от друга с помощью изолирующих материалов (пленок, специальных насадок и т. д.); непосредственно перед упаковкой для отгрузки внешние поверхности подлежат тщательной очистке изопропиловым спиртом (ИПС);

5) упаковочный материал, непосредственно контактирующий с аккумуляторами, должен быть стерильным или пройти тщательную очистку ИПС непосредственно перед использованием (см. [5]).

e) Для максимального увеличения срока эксплуатации и предотвращения конденсации влаги аккумуляторы всегда должны находиться в условиях контролируемой температуры и влажности (см. [4]).

Воздействие высокой температуры или высокой влажности вызывает ухудшение рабочих характеристик батареи и/или коррозию ее поверхности *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

В процессе производства и проведения испытаний летных аккумуляторов следует соблюдать общие требования к чистоте и контролю уровня загрязнений. Кроме того, на завершающем этапе сборки аккумуляторов следует соблюдать особые меры предосторожности для ограничения количества микрочастиц, которые могут попасть и застрять внутри аккумуляторов.

f) Для предотвращения ухудшения характеристик во время хранения аккумуляторы следует хранить в условиях низкой температуры в соответствии с рекомендациями изготовителя, а также, если это практически выполнимо, при уровне СЗ, значение которого указано в спецификации изготовителя (см. [4]).

5.3.3 Меры безопасности при обращении с аккумуляторными батареями

При обращении с ЛИАБ должны быть обеспечены меры безопасности, приведенные в приложении D.

5.3.4 Транспортирование аккумуляторов

Правила транспортирования на протяжении всего жизненного цикла аккумуляторов приведены в приложении Е.

6 Батарея

6.1 Рабочие характеристики

6.1.1 Общие положения

В настоящем подразделе приведен минимальный перечень рабочих характеристик ЛИАБ, которые должны удовлетворять основным требованиям для их применения в КА, поддерживая космическое качество. В настоящем подразделе приведена терминология, применяемая для аккумуляторных батарей, предназначенных для КА. Приведены данные для оценки состояния аккумуляторной батареи с точки зрения обеспечения задач полета.

6.1.2 Терминология

Ниже представлены термины и определения, использование которых необходимо для понимания требований, предъявляемых к рабочим характеристикам ЛИАБ.

Ток заряда или разряда *C/n* (см. [4]—[6])

Постоянный ток заряда или разряда аккумуляторной батареи определяют как *C/n* [*C* — нормированная емкость на уровне аккумуляторов, А·ч (значение, указанное в спецификации изготовителя по его критериям), а *n* — любое значение времени работы аккумулятора[1)], ч].

[1)] *n — время разряда до установленного изготовителем конечного напряжения разряда полностью заряженного аккумулятора.*

Пример — Ток разряда С/2 для аккумулятора с номинальной емкостью 20 А·ч — ток разряда, равный 10 А.

Напряжение отключения — конечное значение напряжения, указанное в спецификации изготовителя, при котором разряд останавливают.

Цикл

Как правило, один цикл представляет собой одну последовательность полного заряда и полного разряда аккумулятора или батареи (см. [7]). Такой цикл используют в основном для проверки полной энергоемкости или емкости. С другой стороны, один цикл работы батареи, например, цикл работы на НОО, представляет собой последовательность неполного заряда (предел НКЗ) и ограниченного разряда (на малую ГР), определяемая как один неполный цикл (например, разряд от СЗ = 100 % до 80 % и заряд от СЗ = 80 % до 100 %).

Цикл — набор операций, выполняемых на аккумуляторе или батарее и регулярно повторяемых в одной и той же последовательности.

Эти операции состоят из последовательности разряда с последующим зарядом, или заряда с последующим разрядом, выполняемой в соответствии с заданными условиями. Данная последовательность должна включать в себя перерывы (периоды отдыха) по *ГОСТ Р МЭК 62281*.

Глубина разряда (ГР) аккумуляторной батареи (см. [2]—[4], [9])

Отношение количества ватт-часов, снятых с батареи, заряженной по определенному профилю напряжение—ток, при разряде по определенному профилю нагрузки и при определенном профиле температуры, к паспортной энергии E (Вт·ч), умноженное на 100. Для ЛИАБ ГР должна быть определена в ходе процедуры по установлению СЗ или напряжения, относящегося к установлению СЗ.

$$\text{ГР батареи} = \frac{E_{\text{отданное}}}{E_{\text{паспортное}}} \cdot 100\ \%. \qquad (1)$$

Примечание — Для частично подзаряженных батарей, т. е. для батарей, не заряженных до полностью заряженного состояния, ГР представляет собой процент энергии, отданной в процессе разряда от точки завершения подзаряда. Например, для батареи, подзаряженной до СЗ 70 %, а затем разряженной до СЗ 40 %, считается, что ее СЗ уменьшилась на 30 % энергии, и, таким образом, ГР составляет 30 %.

Напряжение конца заряда

Максимальное значение напряжения заряда в рабочей зоне аккумулятора. Данное значение устанавливает изготовитель аккумуляторной батареи с учетом требуемого срока службы. В некоторых случаях в целях ограничения деградации характеристики емкости бывает необходимо задать более низкое значение напряжения конца заряда, чем установленное изготовителем аккумуляторов для паспортной емкости.

Энергоемкость

Энергоемкость аккумуляторной батареи равна интегралу произведения тока и напряжения разряда, где положительная величина I_d представляет собой ток разряда, а положительная величина V_d — напряжение разряда. Пределы интегрирования указывают от начала разряда до минимального значения напряжения батареи или до того момента, когда первый аккумулятор достигнет нижнего предела напряжения аккумулятора или до момента истечения заданного периода времени. Данная контрольная точка времени для значения энергии, которое измерено для батареи, заряженной по определенному профилю напряжение—ток, при разряде по определенному профилю нагрузки и при определенном профиле температуры. Разряд аккумуляторной батареи выполняют током разряда постоянной величины; однако, предпочтительным способом разряда является разряд при постоянной мощности, поскольку это позволяет более точно имитировать мощность, потребляемую аппаратурой КА. Данную величину также называют ватт-часовой емкостью[1)].

$$\text{Энергоемкость} = \int (I_d \cdot V_d) \cdot dt. \qquad (2)$$

Удельная энергия (удельная энергоемкость)

Количество энергии, которая может быть запасена аккумулятором или батареей, отнесенное к единице веса или объема. Стандартными единицами измерения являются ватт-часы на килограмм

[1)] *Указанное наименование не является рекомендуемым.*

(Вт·ч/кг) для обозначения массовой удельной энергоемкости и ватт-часы на литр (Вт·ч/л) для объемной удельной энергоемкости[1)] (см. [7]).

Резерв энергии (см. [4], [5])

Полное количество доступной энергии, выраженное в ватт-часах, оставшееся в аккумуляторной батарее, которое может быть отдано при нормальных условиях работы при разряде до допустимого значения ГР или до предельного значения напряжения подсистемы батарейной подсистемы питания, или до момента, когда первый аккумулятор достиг своего минимального предела напряжения.

Полностью заряженный (см. [1] *ГОСТ Р МЭК 62281).*

Аккумулятор или батарея, электрически заряженные до значения напряжения конца заряда, указанного в спецификации изготовителя и по установленной им методике заряда.

Полностью разряженный (см. [1] *ГОСТ Р МЭК 62281).*

Аккумулятор или батарея, электрически разряженные до значения конечного напряжения, указанного в спецификации изготовителя.

Паспортная емкость

Значение емкости, А·ч, определенное изготовителем модуля батареи с учетом номинальной емкости и минимальной гарантированной емкости.

С целью информирования потребителей, изготовитель аккумуляторных батарей обязан указывать значение паспортной емкости вместе со значением нормированной емкости и перечнем соответствующих условий для ее определения.

Номинальная емкость

Номинальная емкость должна быть определена по стандартному методу измерения емкости, установленному в настоящем стандарте (см. 6.1.3).

Паспортная энергоемкость (см. [5] *ГОСТ Р МЭК 62133-2)*

Значение энергоемкости, Вт·ч, определенное изготовителем модуля аккумуляторной батареи с учетом номинальной энергоемкости и минимальной гарантированной энергоемкости.

С целью информирования потребителей изготовитель аккумуляторных батарей обязан указывать значение паспортной энергоемкости вместе со значением номинальной энергоемкости, а также предоставлять описание соответствующих условий ее определения.

Паспортную энергоемкость, Вт·ч, вычисляют по формуле

$$\text{Паспортная энергоемкость} = \text{Паспортная емкость} \cdot \text{Номинальное напряжение} \qquad (3)$$

Паспортную энергоемкость в соответствии с требованиями Рекомендаций ООН наносят на корпус модуля аккумуляторной батареи несмываемым способом.

Примечание — Значение номинального напряжения устанавливает изготовитель аккумуляторной батареи.

Номинальное напряжение (см. [7])

Приблизительное значение напряжения, используемое в качестве идентификационной характеристики аккумулятора или батареи.

Номинальное значение напряжения определяет изготовитель аккумуляторов на базе измерения емкости с условиями напряжения конца заряда и конца разряда.

Номинальное напряжение представляет собой среднее напряжение разряда, полученное в ходе проведения испытаний номинальной емкости.

Степень заряженности

Значения емкости, А·ч, или энергоемкости, Вт·ч, батареи, заряженной по определенному профилю напряжение—ток, при разряде по определенному профилю нагрузки и при определенном профиле температуры, отнесенное к нормированному значению ее энергоемкости E, А·ч, или Вт·ч, умноженное на 100 (см. [4]).

$$\text{СЗ батареи} = \frac{E_{\text{текущая}}}{E_{\text{нормированная}}} \cdot 100. \qquad (4)$$

[1)] *Для величины энергоемкости, отнесенной к единице объема, рекомендуемым наименованием является «плотность энергоемкости» или «плотность энергии».*

Доступную емкость аккумулятора или батареи выражают в процентах от нормированной емкости (см. [6]).

6.1.3 Основные рабочие характеристики

Стандартный метод измерения емкости

Стандартное измерение емкости выполняют в соответствии со следующей процедурой (см. [9]).

a) Подготовка

До начала проведения измерений емкости изготовитель аккумуляторной батареи на основании рекомендаций изготовителя аккумуляторов обязан четко определить содержание следующей информации, которая передается конечному потребителю аккумуляторов:

1) процедура заряда; ПТ—ПН или ПТ—ПТ;

2) применяемое значение постоянного тока заряда, заложенное при проектировании;

3) значение напряжения конца заряда;

4) условие конца заряда; снижение тока в конце заряда, например *C*/100 или продолжительность заряда, например 8 ч;

5) вид разряда: разряд постоянным током или при постоянной мощности;

6) значение применяемого тока или мощности разряда;

7) нижний предел напряжения в конце разряда;

8) репрезентативное значение температуры в качестве контрольного значения для регулирования теплового режима.

b) Батарея должна быть полностью разряжена заданным значением постоянного тока до нижнего предела напряжения разряда.

c) Выдерживают батарею при репрезентативной температуре окружающей среды до стабилизации, после чего выполняют процедуру заряда в соответствии с требованиями, установленными в документации поставщика.

d) Выдерживают батарею при репрезентативной температуре окружающей среды до стабилизации, после чего, в соответствии с установленной процедурой, выполняют разряд до заданного предела напряжения.

e) Значение емкости, полученное при разряде в результате измерений, фиксируют как нормированное значение емкости.

Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи (омическое)

Измерения выполняют при наличии соответствующего требования.

Внутреннее сопротивление каждой батареи измеряют при двух значениях СЗ (например, при 10 % и 90 %) при рабочей репрезентативной температуре, значение которой указано в спецификации изготовителя батареи, с использованием метода импульсов малой продолжительности и последующим выполнением расчета значений $\Delta V/\Delta I$. Следует учитывать, что внутреннее сопротивление батареи зависит от конструкции аккумулятора или батареи и от методов измерений. Значения внутреннего сопротивления определяют в совокупности с СЗ и временами проведения замеров.

Полное сопротивление батареи

Измерения выполняют при наличии соответствующего требования.

Измерение полного сопротивления аккумуляторной батареи выполняют при заданном значении СЗ для установленного значения рабочей репрезентативной температуры, указанного изготовителем батареи, с применением специального анализатора с диапазоном частот, реализуемом при орбитальном полете (как правило, от 10 Гц до 100 кГц).

6.1.4 Испытания на долговечность работы

Квалификация аккумуляторной батареи включает испытания для доказательства долговечности работы, которую в зависимости от условий полета выполняют на уровне аккумулятора и/или конфигурации батареи.

Следующие условия являются типичными для устройств, предназначенных для использования в КА.

Испытания на долговечность работы для квалификации или доказательства ресурса проводят в условиях реального времени и/или условиях протекания ускоренных процессов.

Рекомендуется проводить испытания на долговечность работы на аккумуляторах и батареях, прошедших испытания на виброустойчивость и/или на воздействие радиации.

Для профиля режима ГСО в реальном масштабе времени, соответствующем повторяемым минимум до 30 раз (что соответствует 15 годам) периодам пребывания в тени длительностью 45 сут, моделирование «теневых» периодов выглядит как 1 цикл/сутки и 135 сут солнцестояния с или без имитации пиков выброса плазмы.

В условиях ускоренных испытаний имитацию периода солнцестояния сокращают с 135 сут до нескольких сут, период пребывания в тени сокращают путем выполнения двух циклов заряда—разряда/сут.

a) Модель режима работы на геосинхронной земной орбите

При моделировании условий работы в режиме ГСО пребывание в тени включает периоды из 45 циклов с профилем теневого участка геосинхронной орбиты.

1) Температура $T_{бат}$, °С (вариант поддержания температуры в термокамере, или $T_{бат}$ определяет изготовитель батареи). Температура должна соответствовать температурным условиям работы батареи во время полета. Стандартной считают температуру от 15 °С до 20 °С.

2) ПТ или ПМ—ПН; ток заряда от *C*/5 до *C*/10/продолжительность 22 825 ч/НКЗ (напряжение конца заряда: $V_з$, В, определяет изготовитель батареи).

3) ПТ или ПМ; разряд/длительность: для профиля ГСО при максимальном значении 1175 ч (достигается на 23-й день периода пребывания в тени), до 70 % — 80 % ГР.

4) Число дней периода солнцестояния при заряде в режиме ПН до НКЗ устанавливает изготовитель.

Испытания на долговечность работы в условиях ГСО проводят, если это возможно, с использованием выбранной системы балансировки батареи.

Стандартное измерение емкости выполняют до испытаний на долговечность работы и периодически после одного или двух сезонов и минимум до 30-го сезона.

При выполнении полета на НОО режимы работы могут отличаться в зависимости от типа КА. Стандартное реальное время соответствует повторяющимся 90 мин циклам: заряд в течение 60 мин и разряд в течение 30 мин.

b) Модель режима работы на низкой околоземной орбите (НОО)

1) Температура $T_{бат}$, °С (вариант поддержания температуры в термокамере, или $T_{бат}$ определяет изготовитель батареи).

2) ПТ—ПН; ток заряда от 0,3*C* до 0,5*C*/НКЗ определяет изготовитель батареи.

3) ПТ; ток разряда 0,5 С.

При проведении испытаний следует использовать систему балансировки, если она предусмотрена.

Стандартное измерение емкости выполняют до испытаний на долговечность работы и после каждого 1000 цикла или чаще.

c) Для использования в условиях ракеты-носителя: модель условий наземного хранения и использования на этапе запуска

Полетные задания для ракеты-носителя различают в зависимости от типа ракеты-носителя и функций батареи. Профиль работы батареи составляют в зависимости от профиля полета.

Если батарею используют в системах оборудования прекращения полета, слежения или телеметрического оборудования, то профиль работы для целей испытания батареи должен включать условия работы в нештатном режиме для обеспечения функций безопасности.

6.1.5 Требования к конструкции

Общие требования (см. [*5*], [*7*])

Конструкция многоэлементной батареи должна обеспечивать целостность электрических цепей, механическую устойчивость и надлежащее терморегулирование. Батарея должна обеспечивать энергию/емкость и ток, требуемые применением, в пределах установленных напряжений. Рабочие характеристики аккумуляторов, работающих в многоэлементных батареях, как правило, отличаются от характеристик отдельных аккумуляторов. В процессе производства невозможно добиться абсолютной идентичности всех аккумуляторов, кроме того, при установке в батарею каждый аккумулятор может оказаться в несколько разных условиях.

Конструктивные особенности многоэлементной батареи (такие, как технология сборки, материал конструкции, изоляция и герметизирующий материал, соединители, компоненты обеспечения безопасности) влияют на ее рабочие характеристики, так как они оказывают влияние на условия работы и температуру отдельных аккумуляторов (см. [*12*], [*13*]).

Электрическая конструкция

Электрическая конструкция аккумуляторной батареи должна способствовать минимизации риска утечки тока с токовыводов аккумуляторов на корпус батареи или на схему контроля напряжения, риска электростатического разряда и отвечать требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) для используемой аппаратуры. Для предотвращения опасностей, связанных с перезарядом ЛИАБ, следует

использовать устройства контроля заряда, разработку которых следует осуществлять параллельно с разработкой конструкции батареи.

Батарея и ее конструкция должны обеспечивать ее работоспособность в любых условиях полета или использования, включая нагрузки при запуске/сходе с орбиты/приземлении, условия транспортирования и обслуживания. При установке или герметизации аккумуляторов в корпусе батареи не должно создаваться никаких препятствий, закрывающих их защитные клапаны или разрывные мембраны.

Тепловая конструкция

Конструкция батарей, позволяющая сохранять тепло, рассеиваемое аккумуляторами батареи, улучшает ее работоспособность во время работы при низких температурах. Избыточное теплообразование может привести к отрицательным эффектам и уменьшить срок службы и безопасность аккумуляторной батареи. Тепловой расчет батареи выполняют с учетом возможности поддержания оптимального диапазона температуры в пределах возможных условий окружающей среды для всех аккумуляторов, входящих в ее состав.

Механическая прочность конструкции

Расчет механической прочности батареи выполняют с учетом условий стартового комплекса и технических требований заказчика, включая значение отношения разрывного давления к максимальному рабочему давлению.

Механизмы балансировки аккумуляторов

В процессе заряда различия отдельных аккумуляторов приводят к разнице в значениях напряжений в разных группах аккумуляторов. Некоторые аккумуляторы остаются недозаряженными, что приводит к снижению общей емкости аккумуляторной батареи. И наоборот, некоторые аккумуляторы получают избыточный заряд, что может повлечь за собой их повреждение, уменьшение срока эксплуатации или угрозу безопасности.

Для обеспечения одинаковой СЗ аккумуляторов в системах заряда батареи следует предусмотреть наличие механизмов балансировки аккумуляторов в процессе заряда.

Маркировка

Внешний корпус батарей, изготовленных после 31 декабря 2011 г., должен иметь маркировку с указанием значения энергоемкости батареи, Вт·ч.

Маркировка должна быть выполнена с соблюдением всех видов и правил транспортирования (см. [*1*]).

6.1.6 Требования менеджмента качества

Отбраковочные испытания аккумуляторов (см. [*5*])

В настоящем пункте приведен краткий перечень испытаний, выполняемых для отбраковки аккумуляторов, предназначенных для установки в батарейную систему.

Отбраковка аккумуляторов

При отсутствии системы балансировки аккумуляторов, отбор аккумуляторов выполняют в независимости от выбранной химической системы батареи или проведения квалификационных/приемочных испытаний.

Испытания методом поляризации (необязательные)

Проводят периодическое определение работоспособности аккумуляторов путем измерения отношения напряжение—ток методом поляризации.

В настоящем стандарте установлен следующий метод проведения испытаний методом поляризации.

Испытания проводят путем подачи тока заданного значения (следует выбрать пять или шесть значений тока в диапазоне возможностей используемой батареи) в режиме заряда в пределах длительности 20 с, затем в режиме разряда в пределах 20 с.

Примечание — Даже при таком непродолжительном времени воздействия превышение тока над нормированном значением приводит к непоправимому ухудшению характеристик аккумулятора.

В конце проведения испытаний СЗ аккумулятора должна оставаться приблизительно на том же уровне, что и в начале. Испытания проводят при СЗ 25 %, 50 % и 75 %.

Степень линейности данных, нанесенных на диаграмму (напряжение как функция тока), показывает, проявление каких эффектов демонстрирует батарея, кинетических или поляризационных.

Кинетические эффекты и диффузионные ограничения проявляются в виде нелинейности данных при низких и высоких значениях тока.

Значение внутреннего сопротивления аккумулятора можно рассчитать путем определения значения угла наклона кривой разряда при каждом значении СЗ.

Сопротивление аккумулятора также измеряют измерителем импеданса при 1000 Гц. Как правило, результаты этих измерений хорошо согласуются с результатами измерений сопротивления путем расчета угла наклона зависимости напряжение—ток.

Испытание на скорость саморазряда

Испытание заключается в выполнении остановок в процессе циклов заряда и/или разряда в определенных интервалах (как правило, исходя из СЗ) и наблюдении за скоростью ухудшения характеристик[1)] для заданного интервала времени (например, 72 ч).

Для удобства, как правило, выбирают СЗ 25 %, 50 % и 75 % или 100 %. Аккумуляторы с наибольшей скоростью деградации отбраковывают.

Адаптационные отбраковочные испытания

Программа отбраковочных испытаний должна быть разработана с учетом типов аккумуляторов (проверка емкости/энергии, измерение веса, проверка внутреннего сопротивления, профиля напряжения, саморазряда). Выполнение комплекса комбинированных циклов позволит выявить отклонения в параметрах аккумуляторов.

Например, при проведении отбраковочных испытаний ЛИА 1,5 А·ч, их циклируют, используя процедуру, позволяющую выявить отличия в характеристиках. Следует начать с заряда током *C* в пределах от *C*/1 до *C*/10 до максимального значения напряжения 4,2 В. Затем на короткое время переводят аккумуляторы в состояние разомкнутой цепи (или в состояние ожидания) (как правило, на несколько минут, причем для всех аккумуляторов одного типа время выдержки должно быть одинаковым). В конце периода выдержки измеряют и фиксируют значение понижения напряжения, затем выполняют следующую специальную процедуру разряда:

- разряд током *C*/1 в течение 1 мин, после этого сразу переключают на разряд током *C*/10 до 2,4 В; все графические данные следует фиксировать с использованием одинаковой цены деления шкалы;
- результирующий график зависимости напряжения от времени должен представлять собой поднимающуюся кривую заряда с ожидаемыми вершинами, за которыми следует плавное понижение или резкий провал кривой на этапе саморазряда с последующим резким снижением, сопровождаемым резким подъемом вследствие снижения тока разряда;
- определение разности между разрядом током *C*/1 и подъемом, возникшим в результате резкого снижения тока разряда, позволяет получить значение внутреннего сопротивления аккумулятора; после начального подъема, кривая разряда снова идет вниз, принимая более типичную наклонную форму;
- продолжают испытания аккумуляторов и выполняют около 50 циклов; после этого проводят анализ данных, на основании которого отбирают аккумуляторы для установки в последовательные цепочки батареи.

Критерии соответствия аккумуляторов

Должен быть составлен документ, определяющий критерии соответствия аккумуляторов для полетной партии и предоставляющий данные, подтверждающие выбор конкретного критерия в зависимости от конструкции аккумулятора и изготовителя.

Критерии соответствия аккумуляторов летной батареи должны включать характеристики квалификационных испытаний аккумуляторов в начале срока службы, в которых во время испытаний использован режим заряда, применяемый в полете.

Критерии соответствия аккумуляторов должны включать данные о значениях емкости и сопротивления при заданном значении напряжения.

Для достижения максимально согласованной работы аккумуляторов на протяжении всего срока эксплуатации все летные аккумуляторы внутри последовательной/параллельной конфигурации батареи следует подвергать одинаковым электрическим и температурным условиям испытаний.

Например, если один модуль батареи подвергли уровням предварительной квалификации, то второй модуль той же батареи также должен быть подвергнут аналогичным уровням предварительной квалификации.

Контроль уровня загрязнения

Для максимального увеличения срока эксплуатации и предотвращения конденсации влаги аккумуляторы всегда должны находиться в условиях контролируемой температуры и влажности (см. [*4*]).

[1)] *Параметром, как правило, контролируемым в данном испытании, является НРЦ ЛИА.*

Следствием воздействия высокой температуры или высокой влажности является ухудшение рабочих характеристик батареи и/или коррозия ее поверхности в *соответствии с ГОСТ Р МЭК 62281*.

В процессе производства и проведения испытаний летных аккумуляторных батарей следует соблюдать общие требования к чистоте и контролю уровня загрязнений. На завершающем этапе сборки батарей следует соблюдать особые меры предосторожности для ограничения количества микрочастиц, застревающих внутри.

Анализ тенденций данных испытаний (см. [*4*])

Ключевые рабочие параметры, такие как сохранение заряда, емкость или энергия, напряжение при максимальной нагрузке, сопротивление, следует контролировать путем проведения приемо-сдаточных испытаний для последовательно изготовленных партий аккумуляторов (анализ тенденций) для выявления возможного ухудшения рабочих характеристик вследствие непредвиденных изменений материалов или технологии производства.

Летные приемочные испытания (см. [*5*])

Приемочные испытания ЛИАБ включают визуальный контроль, проверку герметичности/утечки, измерение размеров и массы, проверку напряжения разомкнутой и замкнутой цепи, циклирование, испытания на виброустойчивость и испытания на воздействие циклического изменения температуры, или испытания на определение емкости при разных значениях температуры.

Для проверки совместимости материалов проводят испытания на выброс/утечку газов. Любой аккумулятор с признаками утечки электролита считают не прошедшим проверку.

Потребители должны проверить дату изготовления аккумуляторов, предназначенных для летного использования, и убедиться в том, что не превышены сроки, указанные в перечне сроков хранения для изделий с ограниченным сроком службы.

Гарантированность оценки долговечности (см. [*14*])

Ниже представлен перечень измерений, которые рекомендовано выполнять для оценки долговечности. Не следует руководствоваться данными, полученными с помощью числовой модели расчета долговечности:

a) ресурсные испытания, предназначенные для подтверждения правильности оценки срока эксплуатации, проводят с соблюдением комплекса условий, включающих диапазон нагрузки батареи во время полета, методы и условия контроля заряда, значения температуры для всех режимов и состояний полета;

b) продолжительность выполнения испытаний и число контрольных выборок данных, сделанных за это время, должны быть достаточными для доказательства уровня надежности и достоверности этих данных;

c) в тех случаях, когда коэффициент ускорения времени был установлен и подтвержден результатами предшествующих испытаний на долговечность работы, применяют этот фактор ускорения;

d) если значение коэффициента ускорения времени для заданных продолжительности и условий полета не были установлены по результатам предыдущих испытаний, то этот коэффициент устанавливают на основании использования данных и результатов анализа, предоставленных потребителю и утвержденных им.

Требования по обеспечению гарантии качества

Аккумуляторная батарея должна быть изготовлена в соответствии с требованиями программы менеджмента качества.

Допуски измерения параметров представлены в приложении А.

Испытания аккумуляторных батарей (см. [*5*], [*9*])

Базовые испытания, как правило, включают функциональные испытания (эксплуатационные, циклические испытания), испытания на устойчивость к воздействию условий окружающей среды (т. е. испытания на виброустойчивость, температурные и термовакуумные испытания), испытания на ЭМС, проверку качества питания и другие, проведение которых необходимо при использовании определенных видов оборудования или для определенных условий использования аккумулятора.

Спектр вибраций выбирают в зависимости от конструкции аккумулятора и устойчивости аккумуляторов к внутреннему короткому замыканию. Информация, касающаяся проведения испытаний на виброустойчивость, представлена в 5.2.3, испытание Т3.

Испытания на безопасность, которые должны подтвердить устойчивость к двум одновременным отказам элементов, защищающих от катастрофической опасности, проводят в рамках программы квалификационных испытаний и повторяют для каждой новой приобретенной партии тех же батарей.

Испытания на стадии разработки (см. [*4*], [*9*])

Целью проведения испытаний на стадии разработки является обнаружение недостатков конструкции в процессе ее разработки для внесения всех необходимых корректировок до начала официальных квалификационных испытаний.

Испытания на стадии разработки следует проводить для новой или модифицированной конструкции аккумуляторной батареи, новой или модифицированной конструкции модуля, новой или модифицированной конструкции аккумулятора, новых условий применения или для аккумуляторов, модулей или батарей нового изготовителя.

Испытания на стадии разработки следует проводить для подтверждения рабочих характеристик, запаса прочности, выполнения требований соблюдения размеров, готовности к работе в достартовых, стартовых условиях и в условиях космоса, технологичности, контролепригодности, обслуживаемости, надежности, совместимости с системой безопасности.

Если это практически возможно, то испытания на стадии разработки следует проводить в диапазоне рабочих условий, превышающем проектный диапазон, для определения допустимых границ возможностей. Рабочие условия включают условия контроля температуры и заряда.

Проверка контроля заряда

Батарея подлежит испытаниям с использованием электронных схем контроля заряда, аналогичных летным схемам, для определения пригодности используемого метода контроля для поддержания рабочих характеристик аккумуляторной батареи в течение всего срока эксплуатации в условиях полета.

Контрольные параметры, используемые для подтверждения конструкции контроля заряда аккумуляторной батареи летного типа, такие как напряжение, температура, ток и способности балансировки аккумуляторов (если требуется), должны быть определены достаточно точно, чтобы подтвердить работоспособность конструкции для всех режимов работы КА, включая периоды пребывания на солнце и функционирования в условиях нештатной ситуации.

Надежность работы электронных схем контроля заряда проходит проверку в ходе ресурсных испытаний на число рабочих циклов.

Испытание терморегуляции

Испытание проводят с целью определения того, соответствуют ли метод и условия терморегуляции требованиям и удовлетворяют ли они требованиям батареи.

Контрольные параметры, используемые для испытаний конструкции терморегуляции летных образцов ЛИАБ, такие как температура и температурные градиенты, должны быть определены достаточно точно, чтобы подтвердить работоспособность конструкции для всех условий полета и режимов работы КА, включая периоды пребывания на солнце и функционирования в условиях нештатной ситуации.

Для проверки тепловых характеристик и снижения риска возникновения проблем с терморегулированием, возникающих во время квалификационных испытаний, следует провести различные тепловые испытания:

a) чтобы определить корреляцию с тепловой моделью испытания на тепловые характеристики следует проводить в термовакуумной камере или в среде с контролируемой температурой, или в калориметре на уровне аккумулятора, модуля или батареи; эти данные подтверждают тепловое рассеяние на уровне аккумулятора или количественно определяют внешние температуры и градиенты в зависимости от условий заряда/разряда;

b) измерения теплопроводности выполняют для определения интенсивности теплопередачи материалом или между контактными поверхностями. В особых случаях дополнительно проводят измерения направленной теплопроводимости композитных материалов, проводимости кабелей, верификацию характеристик теплоизоляции, или другого теплопроводящего пути, например от аккумулятора к радиатору или через батарею на другие поверхности КА;

c) при испытаниях на проверку теплового равновесия на уровне устройства получают данные для корреляции тепловой модели и проверки подсистемы терморегулирования; по результатам испытания можно выполнить верификацию нагревательных устройств, термостатов, летных терморезисторов, радиаторов, тепловых труб и т. д., применяемых в КА, определить значения пределов рабочих температур и перегрева.

Испытания на устойчивость к механическим нагрузкам

Испытания на устойчивость к механическим нагрузкам на этапе разработки включают проверку новых технологий и конструктивных решений, корреляцию аналитических моделей (при наличии), количественную оценку требований, сокращение возможных рисков.

Как правило, технологическую модель аккумулятора, модуля или батареи подвергают воздействию условий искусственной внешней среды для доработки их конструкций до летных.

Поиск резонансов образца должен быть эффективным для проведения корреляции с математической моделью и поддержки оценки проектного запаса или отказа.

Испытания на разработку и оценку приспособлений для вибро- и ударных испытаний должны быть проведены до первого их использования во избежание непреднамеренного испытания в чрезмерном или недостаточном объеме, включая предотвращение чрезмерного отклика поперечных осей.

Квалификационные испытания (см. [*4*])

a) Квалификационные испытания проводят с целью подтверждения того, что конструкция, технология изготовления и программа приемки позволяют осуществлять производство аккумуляторных батарей, которые соответствуют требованиям технических условий (ТУ) с достаточным запасом для адаптации к стандартным производственным изменениям, многократным доработкам и циклам испытаний (см. [*12*]).

b) Квалификационные испытания должны подтвердить запланированную программу приемки, включая методы испытаний, процедуры, оборудование, контрольно-измерительные приборы и программное обеспечение.

c) Каждый тип конструкции аккумуляторных батарей, модулей или аккумуляторов, которые будут подвергнуты приемочным испытаниям, предварительно должен пройти соответствующие квалификационные испытания.

d) Образец для квалификационных испытаний должен быть подвергнут всем применимым испытаниям на устойчивость к воздействиям окружающей среды в последовательности, предусмотренной планом проведения квалификационных испытаний.

Уровни и продолжительность квалификационных испытаний

Для подтверждения запаса на воздействие условий окружающей среды аккумуляторы/батареи следует подвергать более жестким условиям при квалификационных испытаниях, чем максимальные условия в течение срока службы.

При квалификационных испытаниях не должны применяться условия воздействий, которые превышают применимые проектные пределы безопасности или вызывают нереальные виды отказа. Условия квалификационных испытаний должны учитывать условия всех предполагаемых полетных заданий.

Контроль и испытания в процессе производства

Детали, электропроводка или материалы, которые не могут быть надлежащим образом испытаны после сборки, должны быть подвергнуты контролю и испытаниям в процессе их изготовления.

Должно быть проверено соответствие документированным элементам управления процессом, требованиям к проверке и общим требованиям к качеству.

Периодичность (частота) сбора и регистрации данных

Во всех случаях, если это требуется, следует регистрировать числовые значения напряжения, температуры, тока, емкости и сопротивления вместо того, чтобы указывать только «соответствует»/«не соответствует» для диапазона значений, предусмотренных планом испытаний.

Данные о напряжении, токе и температуре следует регистрировать с частотой и точностью, достаточными для подтверждения их соответствия требованиям программы испытаний и к рабочим характеристикам.

В процессе проведения испытаний на воздействие динамических внешних условий, сбор данных осуществляют с применением самописцев или с периодичностью, достаточной для оценки значений параметров в промежутках между измерениями.

6.2 Безопасность

6.2.1 Общие положения

Изготовитель аккумуляторных батарей обязан обеспечить безопасность персонала и оборудования на всех этапах разработки, изготовления, сборки, обработки, хранения и транспортировании (см. [*13*]).

Должны быть определены и осуществлены все меры предосторожности для предотвращения непреднамеренного сброса давления из отдельного аккумулятора или собранной комбинации аккумуляторов.

Потенциально опасные условия, опасные процедуры должны быть идентифицированы таким образом, чтобы персонал мог легко их обнаруживать.

Безопасность аккумуляторных батарей следует обеспечивать в двух условиях применения:

a) использование по назначению;

b) обоснованно прогнозируемое неправильное применение.

Аккумуляторы и батареи должны быть изготовлены таким образом, чтобы их конструкция обеспечивала их безопасную работу как при использовании по назначению, так и в случаях обоснованно прогнозируемого неправильного применения.

Предполагается, что неправильное применение аккумуляторов или батарей приведет к прекращению их работы, при этом они не должны представлять значительных опасностей. Предполагается, что аккумуляторы и батареи, используемые по назначению, должны быть не только безопасными, но и сохранять работоспособность по всем параметрам.

Руководствуясь принципами по *ГОСТ Р 57149*, изготовитель обязан провести соответствующий анализ рисков с учетом всего жизненного цикла батареи.

Типичная опасная ситуация, вызванная ЛИАБ, становится общеизвестной; тем не менее, конструкцию или интерфейс ЛИАБ следует анализировать конкретно в каждом отдельном случае из-за отличий архитектуры системы, цепочки поставок или химического состава *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2*.

ЛИА и ЛИАБ классифицируют по их химическому составу (электроды, электролит) и внутренней конструкции (бобинные, спиральные, укладка в стопку).

ЛИАБ изготавливают различных форм. Следует учитывать все соответствующие аспекты безопасности на этапе проектирования батареи, включая тот факт, что они значительно различаются в зависимости от конкретной литиевой системы, выходной мощности и конфигурации батареи.

Следующие принципы обеспечения безопасности являются общими при проектировании всех ЛИА и ЛИАБ:

- конструкция батареи должна препятствовать аномальному подъему температуры выше критического значения, определенного изготовителем;
- конструкцией должен быть предусмотрен контроль роста температуры внутри аккумулятора или батареи, например путем ограничения тока,
- конструкцией аккумулятора и батареи должна быть предусмотрена возможность сброса избыточного внутреннего давления или предотвращения резкого механического разрушения в условиях транспортирования;
- конструкция аккумулятора и батареи должна обеспечивать предотвращение случаев короткого замыкания при нормальных условиях транспортирования и использования по назначению;
- аккумуляторные батареи, в состав которых входят аккумуляторы или последовательно соединенные цепочки аккумуляторов, соединенные параллельно, должны быть оснащены эффективными средствами для предотвращения возможности появления опасных обратных токов (например, диодами, предохранителями и т. п.) *по ГОСТ Р МЭК 62281*;
- в соответствии с *ГОСТ Р 52925* для аккумуляторных батарей необходимо обеспечить выполнение следующих процедур:
  - мониторинг рабочих характеристик аккумуляторной батареи во время полета КА по орбите с целью обеспечения возможности своевременного начала выполнения операций, предусмотренных для этапа конца срока эксплуатации, пока батарея готова к их выполнению;
  - оценка риска образования обломков после окончания срока эксплуатации. Данную процедуру допускается объединить с оценкой риска разрыва аккумуляторов или батареи в течение рабочего периода срока эксплуатации.

6.2.2 Определения видов потенциальных опасностей

Виды потенциальных опасностей

В настоящем пункте приведены определения возможных потенциальных опасностей, возникающих при обработке батареи.

Вид потенциальной опасности определяют на основе результатов оценки риска и анализа риска.

Пример процедуры оценки риска представлен в приложении С.

К потенциальным опасностям в настоящем стандарте *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2* (см. также [*11*]) отнесены:

a) возгорание;

b) разрыв/взрыв;

c) утечка электролита аккумулятора;

d) сброс давления;

e) прогорание вследствие воздействия чрезмерно высоких внешних температур;

f) образование разрывов корпуса батареи, приводящее к утрате защиты ее внутренних компонентов;

g) дым.

6.2.3 Технические требования

Ниже приведены требования к обеспечению безопасности при разработке конструкции аккумуляторной батареи.

Анализ рисков для всего периода эксплуатации является предварительным этапом разработки ЛИАБ.

АВПКО следует проводить для всех видов конструкции батарей.

В общий анализ отказов и надежности батареи со своими видами отказов следует включать все защитные устройства элементов (такие как разрывная пластина, УПТ, ПТК, предохранители и переключатели, реле, байпасы и диоды), входящие в состав батареи, так как они увеличивают число сценариев ее отказа.

При выборе между различными уровнями риска, связанными с используемыми материалами, значениями энергоемкости, электрической конфигурацией (сложностью электрической схемы), количеством имеющейся энергии и условиями применения, следует выбирать вариант, представляющий минимальный риск при одновременном обеспечении эксплуатационных требований к полетному заданию.

Отказоустойчивость

Анализ отказоустойчивости батареи следует проводить в рамках анализа ее конструкции.

Батареи и их системы должны быть безопасны в соответствии с *ГОСТ Р 57149*, так как при их разработке делают выбор в пользу соответствующих конструктивных особенностей или устройств безопасности, в совокупности обеспечивающих их работоспособность и отказоустойчивость, позволяющих исключить возможность возникновения опасностей.

Поскольку аккумуляторы/батареи, изготовленные на основе лития, обладают высокой удельной энергоемкостью и, соответственно, высоким потенциалом опасности, они должны иметь двойной запас отказоустойчивости по отношению ко всем видам катастрофических отказов.

Определение катастрофического отказа: опасность считают катастрофической, если ее последствия могут быть отнесены к одной из следующих категорий:

- потеря жизни, опасность для жизни или повреждения, приводящие к полной инвалидности, либо получению профессиональных заболеваний, потеря интерфейсного элемента системы пилотируемого полета;
- утрата оборудования стартового комплекса или утрата системы;
- долгосрочное вредное воздействие на окружающую среду.

Большинство электролитов на основе лития являются токсичными, коррозионно- и пожароопасными. Проведение соответствующих испытаний по проверке партий ЛИА на устойчивость к определенным видам неправильного использования следует считать контролем опасности, зависящим от конструкции элемента, величины энергоемкости, электрической конфигурации (сложности электрической схемы), количества имеющейся энергии и условиями применения. Отказ аккумулятора считают одним из видов отказов (см. [*5*]).

Средства контроля опасности (см. [*5*])

В конструкции батареи должны быть предусмотрены защитные устройства для контроля потенциальных опасностей.

При проектировании батарей следует учитывать структурную целостность аккумуляторов и корпусов батарей, возможность образования газа, давления и/или утечки электролита, предотвращение коротких замыканий и обратных токов, возможность разогрева батарей до высоких температур, переразряда, необходимость обеспечения правильным методом заряда. Оценку безопасности батарей проводят с учетом анализа возможностей ее защитных устройств.

Предотвращение перегрузок по току

Каждая батарея с высокой удельной энергией, используемая в качестве источника питания, должна быть оснащена соответствующим устройством защиты от перегрузки по току.

Защитные устройства должны переходить в положение разомкнутой цепи, если батарея разряжается с чрезмерной скоростью (например, предохранитель или реле), или ток должен ограничиваться до безопасного уровня (например, ПТК). Батареи должны быть защищены от перегрузки по току в заземляющем проводе каждой силовой последовательной цепи. Каждая отдельная цепь должна быть защищена.

Если батарея имеет ответвления для обеспечения разных выходных напряжений, то каждая ветвь должна быть защищена устройством защиты от перегрузки по току.

Защита от превышения напряжения

Каждая аккумуляторная батарея должна быть оснащена интегрированными устройствами защиты от превышения напряжения (перезаряда), которые обеспечивают отключение батареи от зарядного устройства или шунтируют ток для предотвращения перезаряда каждого из аккумуляторов.

Защитная функция должна срабатывать автоматически без участия оператора, когда функция защиты (при наличии) активирована.

Например, защита от перенапряжения, установленная внутри батареи, может формировать сигнал контроля напряжения, передаваемого в КА таким образом, что контроллер КА выполняет прекращение заряда. Защита от перенапряжения может представлять собой комбинацию электронного оборудования (электронных схем) батареи и КА.

Управление температурой/током

Батарея должна иметь конструкцию, предотвращающую возможность формирования условий анормального роста температуры.

Там, где это необходимо, следует обеспечить наличие устройств ограничения тока до безопасного уровня в процессе заряда и разряда.

Изоляция и проводка

Сопротивление изоляции между положительным выводом и внешними металлическими поверхностями батареи, за исключением поверхностей электрических контактов, зависит от конструкции батареи и устанавливается изготовителем.

Внутренняя проводка и ее изоляция должны быть достаточными для того, чтобы выдерживать максимальный ожидаемый ток [например, используя правила снижения номинальных характеристик для проводов (см. [*12*])] и соответствовать требованиям по рабочему напряжению и температуре.

Провода должны быть проложены таким образом, чтобы между соединителями всегда были обеспечены достаточные воздушный зазор и длина пути тока утечки.

Внутренние соединения должны обладать механической прочностью, позволяющей выдерживать условия обоснованно прогнозируемого неправильного использования.

Прямая защита от случайного закорачивания

До момента установки в КА у аккумуляторной батареи концевые токовыводы или электрические вилки соединителя должны быть изолированы, защищены или оснащены устройством, обеспечивающим эффективную защиту от случайного закорачивания.

Следует использовать силовые переключатели готового изделия, позволяющие предотвратить случайное включение аккумуляторной батареи. В цепях заземления не следует использовать устройства отключения.

Сброс давления

Корпус батареи и аккумуляторы должны быть оснащены механизмами сброса давления или иметь конструкцию, позволяющую выполнять сброс избыточного внутреннего давления при достижении определенных величин и со скоростями, которые обеспечивают предотвращение образования разрывов, взрыва или самовозгорания. Если для крепления аккумулятора во внешнем корпусе применяют герметизацию, то тип герметика или метод герметизации не должны приводить ни к нагреву батареи во время нормальной работы, ни к препятствию сброса давления.

Клапаны аккумулятора или батареи не должны блокироваться, если сброс давления рассматривают как средство обеспечения их устойчивости к отказам. Если герметизация необходима, то следует сделать так, чтобы она не препятствовала сбросу давления и не влияла отрицательно на терморегулирование батареи.

Устройство канала для сброса токсичных, коррозионно-активных и/или горючих продуктов, высвобождающихся в результате сброса давления, должно быть выполнено таким образом, чтобы обеспечивалась возможность предотвращения образования разрывов или неуправляемого сброса давления, кроме тех случаев, когда сброс давления вообще не предусмотрен. Для предотвращения образования разрывов корпус аккумуляторной батареи в сборе должен быть оснащен функциональным механизмом сброса давления.

Требования к температурам поверхностей, к которым возможно прикосновение экипажа

Аппаратура, к которой экипаж может прикасаться, должна иметь температуру поверхности для постоянного контакта не выше 45 °С, предупреждающие надписи для температур поверхности от 45 °С до 50 °С и должна предусматривать защитные меры для температур поверхности выше 50 °С.

При необходимости прикосновения членами экипажа к батарее или аккумуляторам в процессе выполнения процедуры заряда/разряда они должны быть оборудованы дополнительной защитой для

предотвращения повышения температуры выше указанного предела в 45 °С, даже если температура окружающей среды приближается к 45 °С.

Если к батареям или аккумуляторам невозможно прикоснуться непосредственно, но они расположены вблизи поверхности, к которой требуется прикасаться, то должны быть предусмотрены средства управления температурой, чтобы предотвратить передачу чрезмерного тепла батареи или аккумулятора на поверхность касания.

Контакты токовыводов

Токовыводы, расположенные на внешней поверхности батареи, должны иметь четкую маркировку полярности. Контактная поверхность токовыводов должна иметь размер и форму, позволяющие выдерживать максимально возможный ток. При необходимости отгрузки батареи типы ее электрических соединителей следует также указывать на схемах документа электрического интерфейса.

Для предотвращения неправильного подключения батареи изготовитель обязан предусмотреть в электрических соединителях различные ключи или использовать другие средства.

Внешние поверхности контактов токовыводов следует выполнять из электропроводящих материалов, обладающих хорошей механической прочностью и устойчивостью к коррозии. Контакты токовыводов должны быть расположены таким образом, чтобы свести к минимуму опасность возникновения короткого замыкания.

6.2.4 Испытания на безопасность

До начала транспортирования должны быть проведены обязательные испытания на безопасность на уровне батарей в соответствии с требованиями, установленными в [*1*]. Руководство по испытаниям и критерии, содержащиеся в нем, определяют цель и аспекты испытаний.

С учетом космических квалификационных испытаний некоторые испытания на безопасность, такие как вибрация и удар, приведенные в [*1*], должны быть объединены или включены в качестве эквивалентных условий испытания.

Важные аспекты проведения испытаний

Некоторые ЛИАБ могут взрываться в процессе проведения испытаний.

Особое значение имеет обеспечение защиты персонала от разлетающихся фрагментов, воздействия силы взрыва, неожиданного выброса тепла, шума, являющихся следствием таких взрывов.

Площадки для испытаний следует хорошо проветривать для обеспечения защиты персонала от возможного воздействия вредных испарений и газов.

В качестве дополнительной меры предосторожности во время проведения испытаний следует осуществлять постоянный мониторинг температуры на поверхности корпуса батареи.

Весь персонал, участвующий в проведении испытаний ЛИАБ, должен пройти инструктаж и знать, что никогда не следует приближаться к литиевой батарее, если температура ее поверхности достигает 90 °С, и прикасаться к ней, если температура поверхности превышает 45 °С (см. [*2*]).

В целях безопасности все испытания следует проводить в защищенном помещении, отделенном от операторов (см. [*2*]).

Испытание при пониженном атмосферном давлении (Т1)

Испытание проводят с целью проверки прочности ЛИАБ к воздействию низкого давления во время транспортирования воздушным транспортом, путем оценки целостности и герметичности. В случае использования в КА испытание должно быть объединено с термовакуумными испытаниями.

Температурные испытания (Т2)

Испытание проводят с целью проверки прочности ЛИАБ к воздействию предполагаемых температурных условий при транспортировании (см. [*1*]). Данный диапазон температур не считается рабочим диапазоном температур батареи.

Для батарей, предназначенных для использования в КА (поскольку используется более широкий диапазон температур, чем диапазон температур квалификационных испытаний), температурное испытание проводят отдельно от квалификационных испытаний.

Испытание на виброустойчивость (Т3)

Испытание проводят с целью проверки прочности аккумуляторных батарей к воздействию вибраций при транспортировании.

Для квалификации батарей, предназначенных для использования в условиях космоса, требуется применение гораздо более жесткого уровня вибронагрузок. Поэтому испытание на виброустойчивость

(см. [1]) проводят совместно с квалификационными испытаниями на виброустойчивость. Для определения длительности испытания следует провести расчет напряжения усталости.

При проверке батарей, предназначенных для использования в КА, испытание на виброустойчивость также выполняет функцию отбраковочного испытания, предназначенного для исключения риска внутреннего короткого замыкания.

Испытание на ударное воздействие (Т4)

Испытание проводят с целью проверки прочности батареи к воздействию условий тряски при транспортировании. Для квалификации батарей, предназначенных для использования в условиях космоса, следует применять ускорения ударной нагрузки гораздо более высокого уровня. Поэтому испытания на виброустойчивость (см. [1]) проводят совместно с квалификационными ударными испытаниями.

Испытания на внешнее короткое замыкание (Т5)

Типичные неисправности: случайное закорачивание на токовыводах; сильный удар/отказ теплового предохранителя.

Уровень батареи: внешнее жесткое короткое замыкание намеренно накладывают на батарею при контролируемых условиях.

Условия проведения испытаний на внешнее короткое испытание зависят от конструкции и модели аккумуляторов и батарей.

Испытание (Т6) избыточно, допускается не проводить[1)].

Испытания на перезаряд (Т7)

Типичные неисправности: сбой в работе зарядного устройства[2)], отказ платы защиты.

Уровень батареи: проверка функций защиты от перезаряда/перенапряжения.

При проведении испытаний (см. [1]) число и состояние испытуемых аккумуляторов и батарей каждого типа, подлежащих проверке, должно соответствовать требованиям испытаний летной конфигурации оборудования.

Батареи, не оснащенные собственной защитой от перезаряда и защита которых обеспечивается только в батарейной сборке, которая обеспечивает такую защиту, не подпадают под требования данного испытания.

Если аккумуляторы, прошедшие все необходимые испытания, с помощью электрического соединения объединяют в батарейную сборку, в которой содержание лития во всех анодах при полном заряде в совокупности составляет более 500 г, или в случае использования ЛИАБ, энергоемкость которой составляет более 6200 Вт·ч, то проводить испытания такой батареи в сборе не требуется, если она оснащена системой мониторинга и способна предотвращать короткие замыкания и переразряд аккумуляторов/батарей, входящих в ее состав, а также перегрев и перезаряд батарейной сборки.

Методика проведения испытаний

Изготовитель батареи, особенно крупногабаритных батарей, обязан предоставить процедуру испытания, предусматривающую проверку возможности перезаряда в зависимости от конструкции и модели. Испытание не следует проводить на летных образцах, чтобы избежать дополнительной деградации.

Специальные условия

Меньшая выборка (см. [7])

Допускается использование уменьшенного числа испытуемых образцов для оценки безопасности, проводимой с целью внесения изменений в конструкцию батарей, ранее прошедших испытания в таких же условиях, которые будут применены и для предстоящих испытаний, или при использовании батарей, ранее прошедших испытания, в новых системах или применениях.

Альтернативные испытуемые образцы

При проведении некоторых испытаний в качестве испытуемых образцов для крупногабаритных батарей могут быть использованы отдельные аккумуляторы, подсекции и/или частично собранные батареи. Использование альтернативных образцов и их конфигураций для испытаний подлежит согласованию с изготовителем батареи.

Многократное использование испытательных образов.

---

1) Перечень всех испытаний Т1—Т8 для обеспечения безопасности при транспортировании приведен в [1]. Ряд испытаний допускается проводить только на отдельных аккумуляторах или только на батареях определенных конфигураций. Например, испытание на раздавливание (Т6) для батарей проводить нецелесообразно, так как батареи собирают из аккумуляторов, которые должны соответствовать критериям испытания Т6.

2) В случае зарядного устройства, интегрированного с батареей.

Для проведения испытаний на безопасность используют образцы, прошедшие испытания на устойчивость к воздействиям внешних факторов, таких как ударные испытания, испытания на виброустойчивость и испытания на влагостойкость, не вызывающие разряда батареи или при условии, что батарею подзаряжают до ее полной емкости. Допускается изменение последовательности испытаний на образцах одной выборки, например, испытания на короткое замыкание.

Описание необходимой информации для проверки безопасности системы

Для проверки и оценки безопасности системы на уровне батареи или целиком КА, требуются оценка и отчет о токсичности, включая наличие паспортов безопасности используемых материалов, необходимо проведение РФА с анализом электролитов.

6.3 Логистика

6.3.1 Общие положения

В настоящем подразделе установлены требования, регламентирующие обработку, хранение, обслуживание и транспортирование аккумуляторных батарей во время наземных работ, предшествующих предстартовым операциям на стартовом комплексе.

Данные требования должны быть установлены в ТУ на конкретные батареи и/или инструкциях по эксплуатации и хранению, чтобы минимизировать ухудшение характеристик перед полетом.

Способы хранения, обращения и технического обслуживания должны соответствовать требованиям инструкций, направленных на минимизацию опасности для персонала, оборудования и летной аппаратуры (см. [*4*]).

Следует учитывать, что небрежное обращение приводит к короткому замыканию или повреждению батарей. Это вызывает утечку электролита, разрыв, взрыв или возгорание *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

Правила, касающиеся международных перевозок ЛИАБ или ЛИА, разработаны на основе рекомендаций Комитета экспертов ООН по перевозке опасных грузов.

Кроме того, в каждой стране или регионе действуют свои законы, нормативы и/или директивы. Поэтому перед транспортированием необходимо ознакомиться с последними редакциями этих правил *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

Изготовители батарей обязаны обеспечить изготовителей оборудования и, в случае прямых поставок, конечных потребителей соответствующей информацией, необходимой для максимального сокращения и предотвращения потенциальных опасностей.

Информирование конечных потребителей о потенциальных опасностях, связанных с использованием оборудования, в состав которого входят аккумуляторы и аккумуляторные батареи, является обязанностью изготовителя оборудования (см. приложение С *ГОСТ Р МЭК 62133-2*).

6.3.2 Производство, сборка, хранение и испытание аккумуляторных батарей

При производстве, сборке, хранении и испытании аккумуляторных батарей необходимо руководствоваться следующим:

a) способы обращения, хранения и технического обслуживания батарей, прошедших проверку в ходе испытаний на стадии разработки и/или квалификационных испытаний, должны быть зафиксированы в процедуре обращения и хранения (см. [*4*]);

b) способы хранения, обращения и технического обслуживания должны соответствовать требованиям правил, позволяющих максимально снизить угрозу опасности для персонала, оборудования и бортовой аппаратуры КА (см. [*4*]);

c) предел максимального срока годности (от активации аккумулятора до запуска КА) определяют для батареи, срок годности которой включает максимальное время воздействия температуры окружающей среды. Следует ежедневно вести документирование времени воздействия температур на летные образцы батарей и степени заряженности составляющих аккумуляторов (см. [*4*]).

Для длительного хранения следует использовать специальные контейнеры, позволяющие обеспечить физическую защиту батарей (см. [*4*]);

d) осмотр аккумуляторов и батарей проводят в соответствии со следующей процедурой, включающей в качестве обязательного минимума визуальный контроль летных образцов, датчиков температуры, влажности и удара, а также измерение напряжения разомкнутой цепи и сопротивления изоляции аккумуляторов (см. [*4*]):

1) осмотр аккумуляторов и батарей проводят с целью определения отсутствия видимых загрязнений, таких как отпечатки пальцев, пылинки, продукты коррозии, металлические стружки, чешуйки, масло, смазка, консерванты, клей и другие посторонние материалы;

2) визуальный контроль выполняют с использованием средств увеличения и без них при надлежащем освещении и в надлежащих условиях. В качестве средств проведения визуального контроля рекомендуется применять приборы ультрафиолетовой дефектоскопии, специальные источники света и зеркала;

3) работы с компонентами и моющими средствами выполняют только в перчатках;

4) поверхности контакта аккумуляторов друг с другом и с корпусом отделяют друг от друга с помощью изолирующих материалов (пленок, специальных насадок и т. д.). Упаковочные материалы, непосредственно контактирующие с аккумуляторами или батареями, должны быть стерильными или подвергнуты тщательной очистке ИПС непосредственно перед использованием (см. [5]);

e) для максимального увеличения срока эксплуатации и предотвращения конденсации влаги аккумуляторы и батареи всегда должны находиться в условиях контролируемой температуры и влажности (см. [4]).

Воздействие высокой температуры или высокой влажности вызывает ухудшение рабочих характеристик батареи и/или коррозию ее поверхности *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

В процессе производства и проведения испытаний летных образцов батарей следует соблюдать общие требования к чистоте и контролю уровня загрязнений. На завершающем этапе сборки батарей следует соблюдать особые меры предосторожности для ограничения количества микрочастиц, застревающих внутри;

f) для предотвращения ухудшения характеристик во время хранения аккумуляторы и батареи следует хранить в условиях низкой температуры в соответствии с рекомендациями изготовителя, а также, если это практически выполнимо, при уровне СЗ, значение которого должно быть указано в спецификации (см. [4]);

g) при необходимости должен быть обеспечен контроль электростатического разряда для защиты электростатически чувствительной аппаратуры батареи;

h) метод предупреждения случайного разряда

Внешний электрический соединитель аккумуляторной батареи должен иметь конструкцию, позволяющую предупредить случайное закорачивание токовыводов. Для защиты электрических соединителей разрабатывают специальную схему и используют заглушки токовыводов. Также допускается использование электрических соединителей с ключами и т. п.

Изоляционный материал для изоляции внешних электрических соединителей батареи, размещенных вне защитного корпуса, должен обладать достаточной стойкостью к воздействию пламени. Число внешних электрических соединителей, являющихся частью огнестойкого кожуха, должно быть минимизировано.

Электрические соединители или выводы аккумуляторных батарей, бывших в употреблении и подлежащих повторному использованию, а также батарей, подлежащих удалению в связи с завершением срока эксплуатации, должны быть защищены от случайного короткого замыкания. В качестве защиты допускается использовать различные изоляционные ленты, концевые заглушки или индивидуальные пластиковые пакеты (см. [7]).

6.3.3 Меры безопасности при обращении с литий-ионными аккумуляторными батареями

Меры безопасности при обращении с ЛИАБ приведены в приложении D.

6.3.4 Транспорирование

Общие требования к транспортированию ЛИАБ приведены в приложении Е.

7 Батарея на борту космического летательного аппарата

Установку летных аккумуляторных батарей в КА осуществляют до его доставки на стартовый комплекс или на космодроме после их доставки туда отдельно от КА.

Если ЛИАБ имеют достаточный запас энергии, а деградацию в процессе интеграции и испытания системы оценивают как незначительную или приемлемую, то приоритетной считают оценку качества работы системы КА, в которой установлена летная батарея.

Для максимального повышения эффективности функционирования аккумуляторных батарей на орбите, батареи, предназначенные для использования во время полета, не следует устанавливать в КА или использовать во время проведения испытаний на этапе интеграции или приемочных испытаний на уровне КА по месту его производства и сборки, за исключением неэксплуатационных испытаний.

Для участия в испытаниях на этапе сборки и интеграции на уровне КА используют технологические аккумуляторные батареи, конфигурация которых соответствует конфигурации летных батарей, прошедшие приемочные испытания на уровне летных батарей.

Требования, установленные в настоящем разделе, распространяются на установку летных аккумуляторных батарей в КА до доставки КА на стартовый комплекс.

7.1 Рабочие характеристики

7.1.1 Общие положения

Требования, установленные в настоящем подразделе, распространяются на установку, проверку и техническое обслуживание аккумуляторных батарей, используемых для проведения работ, выполняемых перед запуском на уровне КА. Батареи должны обеспечивать питание летной аппаратуры, сохраняя при этом свои электрические характеристики при минимизации деградации.

7.1.2 Основные рабочие характеристики

Различия используемых аккумуляторных модулей

При использовании в составе оборудования более одной батареи для обеспечения максимально высокого уровня рабочих характеристик батарей во время работы на орбите следует учитывать и соответствующим образом преодолевать различия в значениях некоторых параметров этих батарей.

Фактические значения емкости, полного сопротивления, тепловыделения или напряжения конца разряда батареи могут быть различными из-за отклонений при производстве.

Точка контроля температуры батарейного модуля

Как правило, точку контроля температуры батареи выбирают на репрезентативной поверхности аккумулятора или рядом с основанием аккумуляторной батареи.

Использование точки контроля для терморегулирования на поверхности аккумуляторов предпочтительнее для более точного контроля температуры аккумуляторов. Использование точки контроля на основании батареи облегчает ее подключение к подсистемам терморегулирования и измерение температуры на границе раздела с посадочной поверхностью.

Решение принимают в соответствии с требованиями выполняемой программы к точности контроля температуры батареи и характеристикам рассеяния ею тепла.

7.1.3 Требования к конструкции

Электрическое заземление (металлизация)

Для предотвращения появления наведенного потенциала из-за статического электричества применяемая батарея должна быть электрически связана с космическим аппаратом через корпус батареи. Однако для предотвращения внешнего короткого замыкания требуется изоляция внешней поверхности корпуса батареи. Информацию о требованиях для заземления рекомендуется согласовывать и распространять на ранних этапах проектирования батареи.

Точка контроля температуры батарейного модуля

В соответствии с 7.1.2 точку контроля температуры выбирают на поверхности аккумулятора или на основании батареи с учетом тепловых характеристик аккумуляторной батареи и требований к подсистеме терморегулирования.

7.1.4 Подготовка батарей к выполнению манипуляций с ними и транспортированию

При хранении и обслуживании контроль напряжения и периодический подзаряд, а также балансировка напряжений будут уменьшать деградацию батареи.

В процедурах технического обслуживания батарей должны быть предусмотрены соответствующие методы технического обслуживания, частота мониторинга и соответствующие пределы напряжения, тока и температуры, которые были проверены во время испытаний при разработке и/или квалификации.

Должна быть определена максимально допустимая скорость саморазряда для аккумуляторов и батарей при хранении. Чрезмерная скорость саморазряда указывает на деградацию аккумуляторов или батарей (см. [2]).

Регистрация данных о состоянии батареи

Регулярную регистрацию и документирование данных об уровне соответствия нормам летной сертификации выполняют, как минимум, до даты запуска и в течение всего срока эксплуатации КА. Регистрация данных обеспечивает прослеживаемость состояния аккумуляторной батареи от ее изготовления до окончательной установки в КА и затем до запуска.

Данные должны отражать изменения, касающиеся размещения батареи, ее состояния, использования, времени хранения или любых других условий, оказывающих влияние на ее надежность или рабочие характеристики.

Выполняют коррелированную во времени регистрацию данных, отражающую значения параметров тока заряда или разряда, напряжения и температуры батареи с достаточной точностью, позволяющей проводить оценку уровня потенциального ухудшения ее характеристик.

Организация, эксплуатирующая спутник или другой КА, обязана информировать предприятие-изготовителя батареи об окончании его срока эксплуатации.

7.2 Безопасность

7.2.1 Общие положения

Изготовитель аккумуляторных батарей обязан обеспечить безопасность персонала и оборудования на всех этапах разработки, изготовления, сборки, обращения, хранения и транспортирования батарей (см. [*13*]).

Должны быть определены и осуществлены все меры предосторожности для предотвращения непреднамеренного сброса давления из отдельного аккумулятора или собранной комбинации аккумуляторов.

Потенциально опасные условия, опасные процедуры должны быть идентифицированы таким образом, чтобы персонал мог легко их обнаруживать.

7.2.2 Определения видов потенциальных опасностей

Виды потенциальных опасностей

В настоящем пункте приведено описание потенциальных опасностей, связанных с использованием батарей на борту КА (см. приложение С).

К потенциальным опасностями в настоящем стандарте *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2* (см. также [*11*]) отнесены:

a) возгорание;

b) разрыв/взрыв;

c) утечка электролита аккумулятора;

d) сброс давления;

e) прогорание вследствие воздействия чрезмерно высоких внешних температур;

f) образование разрывов корпуса батареи, приводящих к утрате защиты ее внутренних компонентов;

g) дым.

7.2.3 Снижение рисков

В соответствии с результатами оценки рисков на этапе разработки конструкция аккумуляторной батареи должна обеспечивать снижение рисков на протяжении всего срока эксплуатации. Для эффективного предотвращения предполагаемых аварийных ситуаций следует использовать надежное защитное оборудование и устройства. Информация об остаточных рисках должна быть представлена в руководстве по эксплуатации либо в форме эффективной маркировки или наклеек на корпусе батареи.

7.3 Логистика

7.3.1 Общие положения

В настоящем подразделе установлены требования к обращению, хранению, техническому обслуживанию и транспортированию аккумуляторных батарей в ходе манипуляций и работ, выполняемых при наземной эксплуатации и предшествующих предстартовым работам. Данные требования должны быть установлены в ТУ и/или в инструкциях по эксплуатации и хранению конкретной батареи с целью минимизации ухудшения ее характеристик до начала полета и максимального снижения рисков аварийных ситуаций (см. [*4*]).

7.3.2 Меры безопасности при обращении с батареями

Меры безопасности при обращении с батареями представлены в приложении D.

7.3.3 Установка аккумуляторной батареи в космический аппарат

До установки аккумуляторной батареи в КА для защиты электрических соединителей, устройств мониторинга и обогревателей, предназначенных для подключения батареи к кабельной системе КА, должны быть использованы легко устанавливаемые и снимаемые непроводящие защитные заглушки. При необходимости заглушки используют некоторое или все время при подготовке к пуску. Заглушки подлежат удалению перед запуском.

При необходимости для оказания помощи при установке или общих операциях по обращению с батареей после сборки батареи и до ее установки в КА следует использовать такелажное устройство

для перемещения (рама или аналогичная опора конструкции). Такелажное устройство должно обеспечивать защиту от повреждений батареи и всех других ее структурных или тепловых интерфейсов с КА. После установки батареи в КА такелажное устройство удаляют.

Батарею электрически подключают к шине КА способом, обеспечивающим предотвращение возникновения нерегулируемого тока и/или повреждения контактов электрического соединителя.

После установки в КА летную аккумуляторную батарею подвергают проверке для верификации работы канала электрического заряда и разряда, нормальной передачи телеметрии, работы схемы балансировки, нагревателей и всех защитных цепей.

После установки аккумуляторной батареи в КА проводят мониторинг ее напряжения (или напряжения аккумуляторов или модуля, где это возможно), тока и температуры батареи с достаточной частотой и разрешением, позволяющими обнаружить любые отклонения в работе на уровне аккумулятора (например, преждевременный разряд).

Критерии «соответствует»/«не соответствует» для оценки СЗ, напряжения батареи/аккумулятора и температуры определяют из анализа результатов прошедших испытаний на стадии разработки и квалификационных испытаний в зависимости от конструкции батареи и применяют до и в процессе отсчета времени готовности терминала непосредственно перед пуском. Данные критерии могут отличаться в зависимости от этапов предпусковых работ.

Мониторинг состояния аккумуляторной батареи и манипуляции с ней проводят в соответствие с требованиями обеспечения безопасности КА, оборудования и стартового комплекса (см. [*4*], [*14*]).

7.3.4 Техническое обслуживание аккумуляторной батареи, установленной в космическом аппарате

Для батареи, установленной в КА, следует проводить процедуры технического обслуживания батареи и, если требуется, выполнять периодический контроль СЗ батареи, периодическую балансировку аккумуляторов или заряд/разряд батареи. Пределы и частота выполнения процедур должны быть установлены отдельно для каждого вида работ по техническому обслуживанию батареи.

Если батарею требуется хранить в разряженном состоянии, то для подготовки к хранению следует выполнить ее разряд с использованием специального модуля кондиционирования, позволяющего разрядить батарею или ее отдельные аккумуляторы с применением установленных режимов.

В качестве мер безопасности в конструкцию модулей кондиционирования батареи должны быть включены устройства, позволяющие разрядить батарею при любой СЗ без повреждения батареи или КА, включая предотвращение смены полярности напряжения аккумуляторов батареи.

Мониторинг состояния аккумуляторной батареи и ее циклирование проводят в соответствии с требованиями обеспечения безопасности КА, оборудования и стартового комплекса.

7.3.5 Транспортирование аккумуляторной батареи, установленной в космическом аппарате

Общие требования к транспортированию, которые должны соблюдаться и на протяжении всего срока эксплуатации батареи, приведены в приложении Е.

Данные требования включают ответственность грузоотправителя, инструкции по упаковке и маркировке, а также соответствующие правила для каждого вида транспорта.

8 Установка аккумуляторных батарей

Установку летных аккумуляторных батарей в КА осуществляют до его доставки на стартовый комплекс или на космодроме после доставки аккумуляторных батарей отдельно от КА.

Требования, установленные в настоящем разделе, распространяются на установку летных аккумуляторных батарей в КА как непосредственно на стартовом комплексе, так и до транспортирования КА на стартовый комплекс.

Если батареи имеют достаточный запас энергии, а деградацию в процессе интеграции и испытания системы оценивают как незначительную или приемлемую, следует отдавать приоритет оценке качества работы системы КА, включая летную батарею.

Для максимального повышения эффективности функционирования аккумуляторных батарей на орбите, батареи, предназначенные для использования во время полета, не следует устанавливать в КА или использовать во время проведения испытаний на этапе интеграции или приемочных испытаний на уровне КА по месту его производства и сборки, за исключением неэксплуатационных испытаний.

Для проведения испытаний на этапе сборки и интеграции на уровне КА используют технологические аккумуляторные батареи, конфигурация которых соответствует конфигурации летных батарей, прошедшие приемочные испытания на уровне летных батарей.

Все работы, выполняемые на стартовом комплексе, контролируют по программе безопасности космодрома. Требования, установленные в настоящем разделе, являются дополнительными. В приоритетном порядке подлежат выполнению требования документа, регламентирующего обеспечение безопасности на космодроме.

8.1 Рабочие характеристики

8.1.1 Общие положения

Требования, установленные в настоящем подразделе, распространяются на процедуры проверки, верификации рабочих характеристик летных аккумуляторных батарей до установки в КА.

Испытание батареи должно обеспечить проверку электрических характеристик для подтверждения работоспособности батареи после транспортирования (см. [*4*]).

8.1.2 Расчет уровня ухудшения рабочих характеристик во время пребывания на стартовой площадке

На стартовой площадке большая часть работ, выполняемых с батареей, направлена на подготовку к запуску КА. Поэтому в течение нескольких месяцев аккумуляторные батареи, установленные на борту КА, следует поддерживать в условиях непрерывного подзаряда, близкого к полному заряду, в условиях температуры помещения.

Поскольку значение энергии/емкости аккумуляторной батареи медленно снижается при таком состоянии, в обязанности ответственного специалиста входит регистрация таких ухудшений и учет в расчетах ресурса батареи и передача соответствующей информации в систему КА.

Данные, совместно с данными результатов ресурсных испытаний подлежат обобщению, выявлению тенденций, что позволяет оценить тенденции изменения рабочих характеристик, а также стать основой для работ, выполняемых на орбите.

8.2 Безопасность

8.2.1 Общие положения

Изготовитель аккумуляторных батарей обязан предусмотреть обеспечение безопасности персонала и оборудования на всех этапах работ, выполняемых на стартовом комплексе.

Должны быть определены и осуществлены все меры предосторожности для предотвращения непреднамеренного сброса давления из отдельного аккумулятора или собранной комбинации аккумуляторов.

Программа и процедуры обеспечения безопасности должны быть утверждены администрацией космодрома.

8.2.2 Определения потенциальных опасностей

Основные требования должны соответствовать требованиям, действующим для автономной эксплуатации батареи (см. 6.2.2).

Разработку процедур заряда и управления, алгоритма действия в аварийных ситуациях осуществляют на основе использования данных, полученных в результате испытаний на этапе разработки/квалификационных испытаний КА, батареи, модуля и аккумулятора.

Данные процедуры, оформленные документально, являются основой для работы и контроля батарей на стартовой площадке и на орбите.

8.3 Логистика

8.3.1 Общие положения

В настоящем подразделе установлены требования, регламентирующие обработку, хранение, обслуживание и транспортирование аккумуляторных батарей во время наземных работ, предшествующих предпусковым операциям.

Данные требования должны быть установлены в ТУ и/или инструкциях по хранению и обработке, чтобы минимизировать ухудшение характеристик батареи до старта.

Способы хранения, обращения и технического обслуживания должны соответствовать требованиям правил, позволяющих максимально снизить угрозу опасности для персонала, оборудования и летной аппаратуры (см. [*4*]).

Следует учитывать, что небрежное обращение приводит к короткому замыканию или повреждению батарей. Это вызывает утечку, разрыв, взрыв или возгорание *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

Правила, касающиеся международных перевозок ЛИАБ или ЛИА, разработаны на основе рекомендаций Комитета экспертов ООН по перевозке опасных грузов.

В каждой стране или регионе действуют законы или нормативы и/или директивы. Поэтому перед транспортированием необходимо ознакомиться с последними редакциями правил *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

8.3.2 Меры безопасности при обращении с батареями

Меры безопасности при обращении с батареями приведены в приложении D.

В качестве мер безопасности в конструкцию модулей кондиционирования батареи должны быть включены устройства, позволяющие разрядить батарею при любой СЗ без повреждения батареи или КА, включая предотвращение выхода напряжения аккумуляторов батареи за верхний и нижний пределы (см. [*4*]).

8.3.3 Подготовка к транспортированию аккумуляторных батарей

Установку летных аккумуляторных батарей в КА осуществляют до его доставки на стартовую площадку или на космодроме после доставки туда аккумуляторных батарей отдельно от КА.

Уровень СЗ батареи должен быть достаточным для максимального предотвращения ухудшения рабочих характеристик батареи при транспортировании. Рекомендуемый уровень СЗ — менее 50 %.

При наличии соответствующего разъема выполняют измерение напряжения отдельных аккумуляторов для проверки сбалансированности напряжений аккумуляторов. При необходимости следует провести балансировку аккумуляторов.

Аккумуляторные батареи следует перевозить в сертифицированном транспортировочном контейнере, обеспечивающем их физическую защиту. Контейнер должен быть сконструирован так, чтобы он мог защитить батарею во время погрузочно-разгрузочных работ, транспортирования или хранения. Контейнеры должны быть оборудованы датчиками и/или регистраторами температуры, влажности и удара.

Погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование и установка аккумуляторной батареи, по возможности, должны выполняться при температуре от минус 10 °С до плюс 25 °С (см. [*4*]).

8.3.4 Проверка работы аккумуляторной батареи (проверка работоспособности батареи после транспортирования)

Любое наземное вспомогательное оборудование (НВО), используемое для контроля состояния, заряда или разряда аккумуляторных батарей, модулей или аккумуляторов, должно быть оснащено средствами обеспечения безопасности того же или более высокого уровня, чем устройства, используемые для обеспечения безопасности на уровне КА.

Проверку всех видов средств обслуживания, программного обеспечения и защитных блокировок выполняют до подключения летного оборудования.

Для предотвращения повторного подключения или отсоединения летного электрического соединителя в процессе выполнения всех испытаний до установки аккумуляторной батареи в КА используют устройства защиты электрических соединителей.

Устройства защиты электрических соединителей выполняют функцию интерфейса между летными электрическими соединителями батареи и любыми подключаемыми кабелями испытательного оборудования или наземного вспомогательного оборудования.

Входной контроль

Следует проверить соответствие сведений, указанных в сопроводительной документации и на батарее, включая наименование изготовителя, номера артикула и серийного номера летной батареи.

До использования в полете необходимо проверить документацию каждой летной батареи и убедиться, что не превышены ее срок годности или циклический ресурс.

Необходимо выполнить визуальный контроль батареи на предмет отсутствия признаков повреждений, полученных в процессе погрузочно-разгрузочных работ или вследствие использования батареи не по назначению.

Если возможно, следует проверить целостность и сопротивление изоляции аккумуляторов, контактов электрических соединителей и проводов.

По возможности следует проверить работу всех блоков мониторинга и управления батареи.

Проверка работоспособности аккумуляторной батареи

Если возможно, следует проверить напряжения разомкнутой цепи каждого аккумулятора и/или секции аккумуляторов на соответствие требованиям балансировки, указанным в спецификации изготовителя. При необходимости должна быть выполнена повторная балансировка аккумуляторов.

По возможности, как минимум, один раз следует выполнить стандартное измерение емкости летной аккумуляторной батареи.

Должны быть подтверждены соответствия требованиям разрядной мощности всех импульсных нагрузок полетного задания. Испытание на емкость должно быть таким же, как испытание на емкость в выполняемых предварительных или приемочных испытаний летной батареи, проводимых в целях анализа тенденций.

Во время конечной обработки подлежит проверке на соответствие установленным требованиям уровень сохранения заряда после как минимум семидневного периода выдержки.

Результаты должны быть проанализированы и дополнены данными квалификационных или приемочных испытаний для проверки соответствия рабочих характеристик минимальным начальным требованиям полетного задания.

8.3.5 Хранение аккумуляторной батареи на стартовой площадке

Батареи, не находящиеся в использовании, следует хранить при соответствующей СЗ по возможности при низкой температуре (см. [4]).

Во время хранения и наземной эксплуатации батарей максимально снизить деградацию позволяет выполнение мониторинга напряжения и периодический подзаряд, повторная балансировка аккумуляторов или кондиционирование[1)] батареи.

В процедурах технического обслуживания батарей должны быть предусмотрены соответствующие методы технического обслуживания, частота мониторинга и соответствующие пределы напряжения, тока и температуры, которые были проверены во время испытаний при разработке и/или квалификации.

Должна быть определена максимально допустимая скорость саморазряда для аккумуляторов и батарей при хранении. Чрезмерная скорость саморазряда указывает на деградацию аккумуляторов или батарей.

Должен быть определен предел максимального срока годности батареи (от активации аккумулятора при изготовлении), который включает максимальное время воздействия температуры окружающей среды.

Регистрация данных

Следует осуществлять регулярную регистрацию данных об уровне соответствия нормам летной сертификации. Такая регистрация обеспечивает прослеживаемость состояния аккумуляторной батареи от ее изготовления до окончательной установки в КА и затем до запуска.

Данные должны отражать изменения, касающиеся размещения батареи, ее состояния, использования, времени хранения или любых других условий, оказывающих влияние на ее надежность или рабочие характеристики.

Следует выполнять коррелированную во времени регистрацию данных, отражающих значения параметров тока заряда или разряда, напряжения и температуры батареи, с достаточной точностью, позволяющей проводить оценку уровня потенциального ухудшения характеристик батареи.

8.3.6 Установка аккумуляторной батареи в космический аппарат

До установки аккумуляторной батареи в КА для защиты электрических соединителей, устройств мониторинга и обогревателей, предназначенных для подключения батареи к кабельной системе КА, должны быть использованы легко устанавливаемые и снимаемые непроводящие защитные заглушки. При необходимости заглушки используют некоторое или все время в течение подготовки к пуску. Заглушки подлежат удалению перед запуском.

При необходимости для оказания помощи при установке или общих операциях по обращению с крупногабаритными ЛИАБ после сборки батареи и до ее установки в КА следует применять устройство для перемещения (манипуляционную плиту или приспособление). Манипуляционное устройство для перемещения должно обеспечивать защиту от повреждений батареи и всех других ее структурных или тепловых интерфейсов с КА. После установки батареи в КА манипуляционное устройство для перемещения удаляют.

Батарею электрически подключают к шине аппарата способом, обеспечивающим предотвращение возникновения неуправляемого тока и/или повреждение контактов электрического соединителя.

После установки в КА летная аккумуляторная батарея должна пройти проверку для верификации работы канала электрического заряда и разряда, нормальной передачи телеметрии, работы схемы балансировки, нагревателей и всех защитных устройств.

[1)] *Кондиционирование означает проведение стандартного цикла заряд — разряд, после чего — приведение к необходимой СЗ.*

После установки аккумуляторной батареи в КА выполняют мониторинг ее напряжения (или напряжения аккумуляторов или модуля, где это возможно), тока и температуры батареи с достаточной частотой и разрешением, позволяющими обнаружить любые отклонения в работе на уровне аккумулятора, такие как преждевременный разряд.

Критерии «соответствует»/«не соответствует» для оценки СЗ, напряжения батареи/аккумулятора и температуры определяют по результатам прошедших испытаний на стадии разработки и квалификационных испытаний в зависимости от конструкции батареи и применяют до и в процессе отсчета времени готовности терминала непосредственно перед пуском. Данные критерии могут отличаться в зависимости от этапов предпусковых работ.

Мониторинг состояния аккумуляторной батареи и манипуляции с ней проводят в соответствие с требованиями обеспечения безопасности КА, оборудования и космодрома.

8.3.7 Мониторинг состояния аккумуляторной батареи перед запуском космического аппарата

После установки батареи в КА и до начала отсчета времени готовности терминала стартовой площадки непосредственно перед пуском следует выполнить периодический мониторинг напряжения батареи, напряжения аккумуляторов (если возможно), тока и температуры батареи.

Данные используют для оценки работоспособности электрических систем перед запуском.

До и во время отсчета времени готовности терминала стартовой площадки непосредственно перед пуском для аварийной отмены пуска в случае отказа батарей, имеющих критически важное значение для запуска КА, следует применять критерии «соответствует»/«не соответствует».

9 Работа аккумуляторных батарей на орбите и окончание срока службы

В соответствии с *ГОСТ Р 52925* при использовании аккумуляторных батарей в КА необходимо выполнить следующее:

- проведение мониторинга состояния и характеристик аккумуляторной батареи в процессе полета для обеспечения возможности своевременного выполнения различного вида операций с батарей до тех пор, пока это возможно, вплоть до окончания срока службы батареи;
- оценку риска образования продуктов разрушения батареи после окончания срока службы.

Приложение А
(обязательное)

Допуски измерения параметров

А.1 Общие положения

Общая погрешность контролируемых или измеряемых значений относительно заданных или фактических значений должна находиться в пределах, приведенных ниже.

А.2 Допуски измерений

a) ± 5 мВ — для напряжения аккумуляторов/ ± 0,5 % — для напряжения батареи;
b) ± 1 % — для тока;
c) ± 3 °С — для температуры;
d) ± 1 % — для времени в интервале до 1 ч включительно и ± 1 мин — для времени более 1 ч;
e) ± 1 % — для линейных размеров;
f) ± 5 % — для значения вакуума;
g) ± 5 % — для ускорения;
h) ± 2 % — для частоты.

Указанные допустимые погрешности измерений включают в себя комбинированную погрешность измерительных инструментов и приборов, метода измерения и другие погрешности, возникающие при проведении испытания (см. [*8*]).

Приложение В
(справочное)

Пример квалификационных испытаний аккумуляторов

В.1 Общие положения

В настоящем приложении приведен пример квалификационных испытаний аккумуляторов, предназначенных для использования в КА. В программу квалификационных испытаний вносят изменения с учетом конструкции и размеров аккумуляторов.

В.2 Порядок проведения квалификационных испытаний аккумуляторов

Порядок проведения квалификационных испытаний аккумуляторов приведен на рисунке В.1.

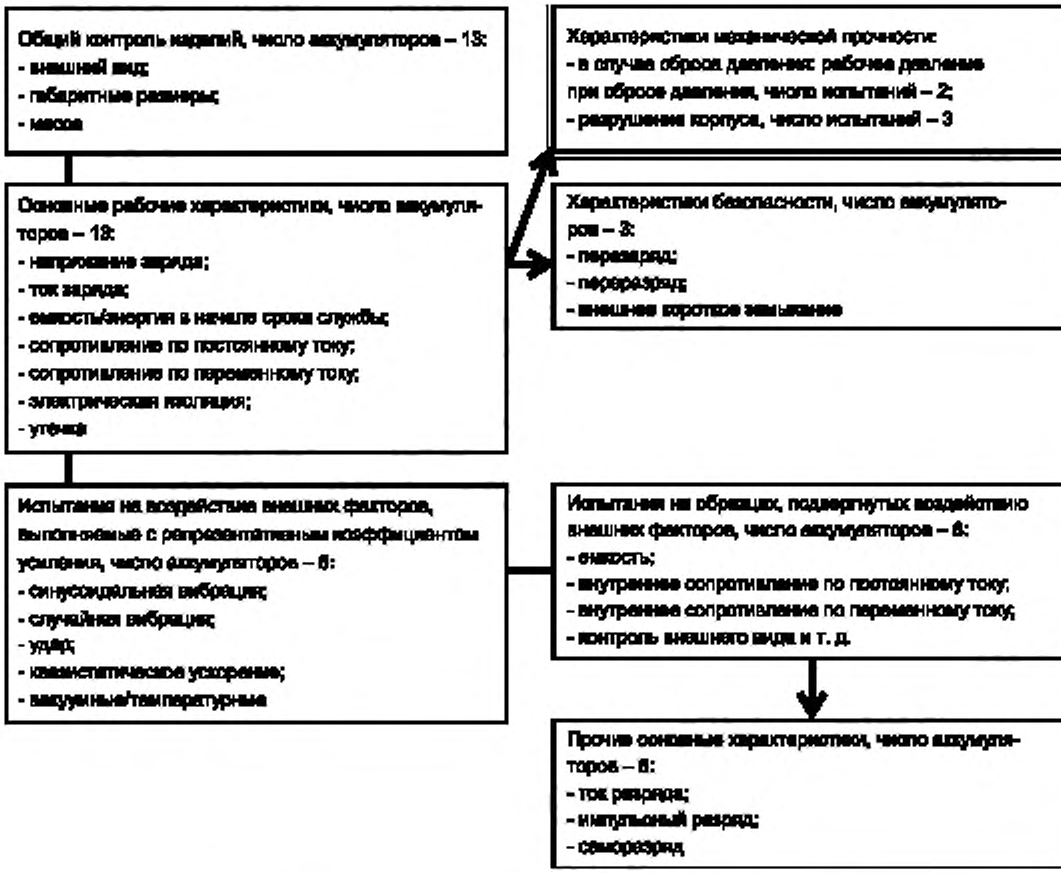


Рисунок В.1 — Порядок проведения квалификационных испытаний

Приложение С
(справочное)

Метод оценки риска

С.1 Общие положения

В настоящем приложении приведен пример метода оценки риска на протяжении срока службы ЛИАБ.

С.2 Метод оценки риска

Метод оценки риска приведен на рисунке С.1.

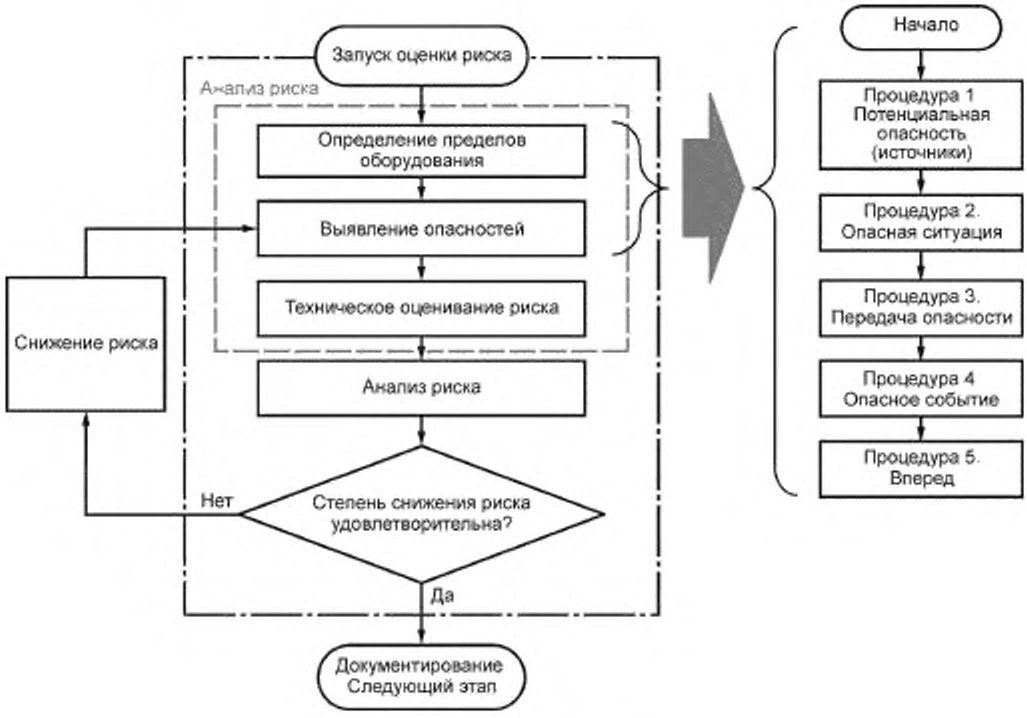


Рисунок С.1 — Метод оценки риска

Метод идентификации опасностей приведен в таблице С.1.

Таблица С.1 — Метод идентификации опасностей



Процедура 1			Процедура 2	Процедура 3	Процедура 4	Процедура 5	
Потенциальная опасность (источник)			Опасная ситуация	Передача опасности	Опасное событие	Вред	
Номер п/п	Вид опасности	Пример	Характер				
1	Опасность механического травмирования	Потенциальные источники причинения вреда — механическое движение	Повреждение корпуса		Утечка	Причинение вреда здоровью людей	Телесные повреждения. Ожоги. Поражение электрическим током. Отравление газами (продуктами горения)
2	Электроопасность	Потенциальные источники нанесения вреда — воздействие электричества					
3	Термическая опасность	Потенциальные источники причинения вреда — воздействие избыточной температуры (высокой/низкой)					
4	Шумовая опасность	Потенциальные источники причинения вреда — вследствие шума от компонента	Внутреннее короткое замыкание		Утечка тока		
5	Опасность вибрации	Потенциальные источники формирования опасной ситуации — длительные низкоуровневые вибрации или кратковременные высокоуровневые	Внешнее короткое замыкание	Утечка	Нагрев		
6	Опасность радиационного поражения	Потенциальные источники причинения вреда — воздействие радиации	Перезаряд	Тепловой разгон	Дым. Разбрызгивание электролита		
7	Опасность от воздействия веществ	Потенциальные источники причинения вреда — контакт с материалами, загрязнением или веществами, выделяемыми компонентами	Избыточные заряд и тепло, выделяющееся от воздействия тока большой силы	Нагрев	Образование разрывов		

Окончание таблицы С.1



Процедура 1			Процедура 2	Процедура 3	Процедура 4	Процедура 5	
Потенциальная опасность (источник)			Опасная ситуация	Передача опасности	Опасное событие	Вред	
Номер п/п	Вид опасности	Пример	Характер				
8	Эргономические опасные факторы	Потенциальные источники причинения вреда — несоответствие характеристик компонентов и способностей человека	Избыточная температура (температура окружающей среды)		Возгорание/пламя. Взрыв	Порча или повреждение имущества	Пожар. Коррозия. Разрушение
9	Опасные факторы, связанные с эксплуатационными условиями аппаратуры	Потенциальные источники причинения вреда — качество поверхности, на которой установлена аппаратура, или неправильное место установки аппаратуры					
10	Комбинация опасностей	Потенциальные источники причинения вреда — комбинация вышеуказанных источников					

Приложение D
(обязательное)

Меры безопасности при обращении с батареями

D.1 Общая информация

В настоящем приложении установлены общие меры безопасности при обращении с аккумуляторными батареями в течение всего их жизненного цикла.

D.2 Меры безопасности при обращении с аккумуляторными батареями

Для безопасного обращения с ЛИАБ необходимо соблюдать следующее:

a) там, где необходимо, процедуры должны включать в себя указание обязательных точек контроля и поэтапные инструкции;

b) строго контролировать заряд и разряд литий-ионных аккумуляторов;

c) не допускается класть аккумуляторы на металлические поверхности, за исключением случаев, когда они имеют соответствующую защиту от электрических замыканий;

d) меры предосторожности во время сборки, работы и обращения с литий-ионными аккумуляторами:

- для соединения аккумуляторов следует применять точечную сварку, а для батарей — крепление при помощи винтов. Точечная сварка на ЛИАБ выполняется только квалифицированными сотрудниками, имеющими соответствующие сертификаты на право выполнения таких работ;
- для некоторых испытаний на воздействие механических внешних факторов, таких как вибрация и удары, СЗ литий-ионной аккумуляторной батареи должна быть доведена до достаточно высокого уровня, чтобы условия испытаний соответствовали летным условиям, когда заряд батареи находится на почти максимально высоком уровне. В этих случаях необходимо снизить риск того, что вместо условия состояния низкой СЗ должны быть рассмотрены другие условия отказоустойчивости батареи;
- если процесс сборки или изготовления прерывается или приостанавливается по любым причинам, кроме пересменки, следует положить литий-ионные аккумуляторы в пластмассовые контейнеры или в контейнеры изготовителя и вернуть их в зону хранения;
- не допускается подвергать нагреву или поджигать литий-ионные аккумуляторы или подвергать их воздействию температур, превышающих значения, указанные в условиях проведения испытаний или в спецификациях;
- не допускается переразряд (принудительный разряд) литий-ионных аккумуляторов;
- не допускается вскрывать, протыкать и наносить любые другие повреждения литий-ионных аккумуляторов (см. [5]);
- высота батарей, поставленных друг на друга, не должна превышать высоту, указанную в спецификации изготовителя. При слишком большом числе батарей, поставленных друг на друга, происходит деформация нижних батарей, что может вызвать утечку *электролита согласно ГОСТ Р МЭК 62281*;
- следует избегать хранения или демонстрации аккумуляторных батарей в местах, расположенных под прямыми солнечными лучами или там, где они могут оказаться под дождем. Намокание аккумуляторных батарей приводит к снижению сопротивления изоляции и увеличению скорости саморазряда и коррозии. Нагрев вызывает старение батарей *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*;
- не допускается короткое замыкание литий-ионных аккумуляторов или их разряд токами, превышающими предельные значения, предусмотренные конструкцией (см. [7]);
- необходимо вести регистрацию и документирование данных об уровне соответствия текущих параметров нормам летной сертификации аккумуляторных батарей (см. [4]).

Такая регистрация обеспечивает прослеживаемость состояния аккумуляторной батареи от ее изготовления до окончательной установки в КА, и затем до запуска.

Записи отображают изменения, касающиеся размещения батареи, ее состояния, использования, времени хранения или любых других условий, оказывающих влияние на ее надежность и рабочие характеристики.

Необходимо выполнять коррелированную во времени регистрацию данных, с достаточной точностью отражающую значения параметров тока заряда или разряда, напряжения и температуры аккумуляторной батареи, позволяющую проводить оценку уровня потенциального ухудшения характеристик батареи.

Процедуры действий в аварийных ситуациях (см. [5])

Воздействие электролита

При попадании электролита в глаза необходимо тщательно промыть их соответствующей жидкостью (как правило, водой) в течение как минимум 15 мин, вращая при этом глазами и поднимая веки. Не следует закапывать в глаза никаких нейтрализующих растворов. Следует незамедлительно обратиться за медицинской помощью, так как после интенсивного промывания глаз требуется дополнительная помощь.

Попадание электролита на кожу

При попадании электролита на кожу или одежду следует смыть его большим количеством воды и незамедлительно обратиться за медицинской помощью.

Течь, сброс давления, нагрев аккумуляторов

При неправильном использовании аккумуляторов либо обнаружении аккумуляторов с признаками утечки электролита, сброса давления или нагревшихся аккумуляторов следует:

- персоналу немедленно покинуть опасную зону и вызвать специалистов с соответствующим снаряжением для удаления батарей в безопасное место;
- если возможно, электрически отсоединить аккумулятор(ы) от связанного с ними оборудования после их стабилизации.

Разрушение литий-ионных аккумуляторов

В случае разрушения аккумуляторов следует провести эвакуацию людей из помещения и вызвать сотрудников отдела охраны труда и техники безопасности. Оперативный персонал должен использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания (такие как маски для дыхания или респираторы, а также отдельные емкости с дыхательной смесью), резиновые перчатки и фартуки для защиты от химических веществ.

Возгорание литий-ионных аккумуляторов

При возгорании (рассматривают именно особенности для литий-ионных аккумуляторов) применяют меры, приведенные ниже:

- не следует использовать воду для тушения. Следует использовать только песок, огнетушители на четыреххлористом углероде, хладоновые или углекислотные огнетушители;
- в большинстве случаев возгорания аккумуляторных батарей следует провести эвакуацию людей из помещения, где они находятся, и для предотвращения распространения огня использовать вышеперечисленные средства пожаротушения только для тушения материалов, находящихся рядом с батареей.

Удаление[1)] (см. [7])

Удаление литий-ионных аккумуляторных батарей или аккумуляторов, независимо от их химического состава или размера, осуществляют в соответствии с требованиями правил утилизации промышленных отходов каждого государства. Все поврежденные или текущие аккумуляторные батареи подлежат утилизации по тем же правилам, что и любые другие опасные отходы.

---

1) *«Удаление» является более широким понятием, чем «утилизация», которая включает только процессы переработки с возвращением ключевых материалов в цикл производства.*

Приложение Е
(обязательное)

Транспортирование

Е.1 Общие положения

В настоящем приложении установлены требования к транспортированию ЛИАБ, распространяющиеся на весь срок ее жизненного цикла.

Е.2 Правила перевозки

Правила, касающиеся международных перевозок ЛИАБ или ЛИА, разработаны на основании рекомендаций Комитета экспертов ООН по перевозке опасных грузов.

Правила перевозки постоянно обновляются. При необходимости транспортирования ЛИАБ следует ознакомиться с последней редакцией представленных ниже правил.

Правила перевозки воздушным транспортом

Правила перевозки ЛИАБ воздушным транспортом установлены в Технических инструкциях по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху, опубликованных Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) и Правилах перевозки опасных грузов, опубликованных Международной авиатранспортной ассоциацией (ИАТА).

Правила перевозки морским транспортом

Правила перевозок ЛИАБ морским транспортом установлены в Международном морском кодексе по опасным грузам (ММОГ) Международной морской организации (ИМО).

Правила перевозки наземным транспортом

Транспортирование ЛИАБ автодорожным и железнодорожным транспортом выполняют в соответствии с национальными правилами или многосторонними соглашениями.

Несмотря на то, что все большее число контролирующих органов принимает Типовые правила ООН, рекомендуется перед отгрузкой ознакомиться с национальными правилами транспортирования *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2*.

Е.3 Ответственность перевозчика

ЛИАБ и ЛИА отнесены к опасным грузам и должны отвечать требованиям нижеперечисленных применяемых правил. Следует предпринимать меры по снижению риска для обеспечения безопасности погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования ЛИАБ, начиная со стадии разработки, включая разработку соответствующей упаковки и планирования перевозок.

a) При транспортировании ЛИАБ или ЛИА необходимо соблюдать следующие правила и специальные условия:

1) правила перевозки опасных грузов для каждого вида транспорта (наземного, морского или воздушного),

2) правила или законы о перевозке опасных грузов государств происхождения, транзита и назначения, т. е. всех государств, составляющих транспортную цепочку, а также

3) специальные условия транспортирования особо опасных грузов каждой транспортной компании.

b) Перевозчик несет ответственность за выполнение требований правил упаковки для обеспечения безопасности в любых достаточно вероятных ситуациях в процессе выполнения погрузо-разгрузочных работ и транспортирования.

Обычные вероятные манипуляции подразумевают воздействие таких внешних нагрузок, как вибрации, удары, перепады атмосферного давления, перепады температуры/влажности, являющиеся следствием нормального обращения с грузом при выполнении погрузо-разгрузочных работ и транспортирования.

c) Перевозчик обязан должным образом информировать оператора об остаточном риске посредством передачи листа данных безопасности материалов до начала транспортирования.

d) В соответствии с требованиями действующих правил перевозчик обязан предоставить четкую информацию о материале или товаре, упаковке и маркировке или маркировочных знаках. В соответствии с требованиями данный документ прилагают к паспорту безопасности материалов.

e) Перевозчик обязан разработать специальные рекомендации для специалистов или операторов по безопасному обращению с грузом в процессе выполнения работ по упаковке, погрузочно-разгрузочных работ и во время транспортирования.

Е.4 Программа менеджмента качества для транспортирования

Программа менеджмента качества для транспортирования основана на «Рекомендации по перевозке опасных грузов. Типовые правила» (см. [*15*]).

Аккумуляторы или батареи в составе оборудования или аккумуляторы и батареи, упакованные вместе с оборудованием

Транспортирование таких аккумуляторов и батарей следует выполнять в соответствии с вышеуказанными правилами, если они удовлетворяют следующим условиям (см. [*15*]):

a) каждый аккумулятор или батарея относятся к модели, прошедшей соответствующую проверку и отвечающую требованиям испытаний, перечисленных в [*1*];

b) каждый аккумулятор или батарея имеют в своем составе защитное устройство сброса давления, или имеют конструкцию, позволяющую предотвратить резкое механическое разрушение в условиях нормальной аварийной ситуации при транспортировании;

c) каждый аккумулятор или батарея оснащен эффективными средствами предотвращения внешнего короткого замыкания;

d) каждая аккумуляторная батарея, имеющая в своем составе аккумуляторы или цепочки последовательно соединенных аккумуляторов, подключенных параллельно, оснащена эффективными средствами, необходимыми для предотвращения опасных обратных токов (например, диодами, предохранителями, шунтирующими устройствами и т. п.);

e) аккумуляторы и батареи должны быть изготовлены в соответствии с требованиями программы менеджмента качества, включающей в себя:

1) описание организационной структуры и обязанностей персонала с учетом требований обеспечения качества конструкции изделия;

2) описание соответствующих проверок и испытаний, контроля качества, обеспечения гарантии качества, а также инструкций по организации технологического процесса, подлежащих исполнению;

3) средства управления технологическим процессом, включающие соответствующие виды работ для предотвращения и обнаружения внутреннего короткого замыкания в процессе производства ЛИА;

4) записи по качеству, такие как акты технического осмотра, данные по испытаниям, данные по калибровке и сертификаты; данные по испытаниям должны подлежать хранению и по запросу предоставляться в компетентные органы;

5) обзор управления качеством для обеспечения эффективности программы менеджмента качества;

6) процедура контроля прохождения документов и их пересмотра;

7) средства контроля наличия аккумуляторов или батарей, не прошедших испытания в соответствии с требованиями, изложенными в перечислении a);

8) программы подготовки и процедуры аттестации для соответствующих категорий персонала;

9) процедуры, позволяющие гарантировать отсутствие повреждений конечного продукта.

На предприятии должна быть принята собственная программа менеджмента качества. Для ее утверждения не требуется привлечения независимых экспертов, при этом следует надлежащим образом документировать и обеспечивать прослеживаемость процедур по перечислениям 1)—9).

Е.5 Требования к транспортированию

Конкретные требования к транспортированию аккумуляторов приведены ниже с учетом [*4*].

Аккумуляторы или батареи упаковывают так, чтобы обеспечить защиту от повреждений, физических воздействий и воздействий окружающей среды во время транспортирования и обработки (см. [*4*]).

Контейнер должен быть сконструирован таким образом, чтобы предотвратить случайное короткое замыкание при погрузке, транспортировании и хранении (см. [*4*]).

Материалы и конструкция упаковки должны быть выбраны таким образом, чтобы предотвратить развитие непреднамеренной электропроводности, коррозию выводов и попадание влаги *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2*.

Во всех случаях аккумуляторы должны находиться в условиях контролируемой температуры и влажности, чтобы максимально увеличить их срок службы и предотвратить конденсацию воды.

Когда аккумуляторы не используют, они, если это возможно, должны быть помещены в прохладное место при соответствующей СЗ. Рекомендуется использовать СЗ немного менее 50 % (см. [*4*]).

В отдельных случаях, когда условия выполнения погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования могут быть связаны с воздействием больших нагрузок на конструкцию вследствие ориентации при погрузке/разгрузке и воздействия жестких условий тряски и вибраций, могут быть предъявлены дополнительные требования к конструкции и условиям испытаний.

Также необходимо учитывать, что транспортирование приводит к большому числу циклов нагружения, вызывая усталость или износ, даже если амплитуда циклов невелика по отношению к летным нагрузкам.

Примечание — Пример сведений для определения условий транспортирования и установлению требований к испытаниям приведены в *ГОСТ Р МЭК 62281*.

При транспортировании должно быть определено максимальное время воздействия внешних температурных факторов. Следует ежедневно документировать температурное воздействие и уровень СЗ аккумуляторов летного оборудования (см. [*4*]).

Поскольку условия окружающей среды являются труднопредсказуемыми, часто бывает необходимым проведение погрузочно-разгрузочных и транспортных испытаний на стадии разработки для определения экстремальных значений динамических воздействий.

Испытание следует проводить с использованием разработанной модели изделия или имитатора, обладающего, по меньшей мере, аналогичной массой и предназначенного для измерения откликов изделия. В частности, для демонстрации защиты предмета в погрузочно-разгрузочном устройстве и подтверждения правильности конструкции транспортного контейнера следует проводить испытание на падение.

Данные должны быть достаточными для определения того, являются ли условия окружающей среды благоприятными по отношению к требованиям к конструкции, улучшения защитных свойств тары или обеспечения основы для анализа с целью демонстрации отсутствия повреждений или определения конкретных механических уровней окружающей среды для квалификационных и приемо-сдаточных испытаний.

Чтобы предотвратить короткое замыкание, открытые проводящие части должны быть покрыты изоляционными материалами. Не следует упаковывать в одну и ту же внутреннюю упаковку сыпучие токопроводящие посторонние предметы.

Контейнеры должны содержать индикаторы и/или регистраторы температуры, влажности и ударов (см. [*4*]).

После транспортирования аккумуляторных батарей и/или аккумуляторов следует провести их проверку. Проверка должна включать как минимум визуальный контроль летных образцов батарей, датчиков температуры, влажности и ударов, измерение напряжения разомкнутой цепи батареи (и напряжения аккумуляторов, если они доступны) и сопротивления изоляции (см. [*4*]).

Упаковки, которые были раздавлены, проколоты или вскрыты с целью выявления содержимого, транспортированию не подлежат.

Такие упаковки следует изолировать до тех пор, пока с грузоотправителем не будут проведены консультации, получены инструкции и, в случае необходимости, не будет принято решение об осмотре и повторной упаковке продукта *согласно ГОСТ Р МЭК 62281*.

Е.6 Упаковка

Тара должна быть достаточной для предотвращения механических повреждений во время транспортирования, обработки и укладки.

Материал и конструкция упаковки должны быть выбраны таким образом, чтобы предотвратить развитие непреднамеренной электропроводности, коррозию выводов и попадание влаги *согласно ГОСТ Р МЭК 62133-2*.

ЛИА и ЛИАБ должны быть защищены от короткого замыкания.

ЛИА и ЛИАБ должны быть помещены во внутреннюю тару, которая полностью окружает аккумулятор или батарею, а затем — во внешнюю тару.

Каждый аккумулятор или батарея должны иметь предохранительное устройство стравливания внутреннего давления или быть сконструированы таким образом, чтобы исключить возможность сильного разрыва в условиях, обычно возникающих при транспортировании, а также должны быть оснащены эффективным средством предотвращения внешних коротких замыканий.

Е.7 Маркировка

Маркировка литий-ионных элементов должна соответствовать каждому виду транспорта (наземный, морской, воздушный) и учитывать правила перевозки для конкретного типа элемента по соответствующему стандарту.

Маркировка упаковочных и товаросопроводительных документов

Каждая упаковка, предназначенная для транспортирования, если только на нее не распространяются соответствующие правила, должна иметь маркировку, содержащую, по меньшей мере, следующую информацию:

- о содержании в ней литиевых аккумуляторов;
- о необходимости обращаться с осторожностью;
- номер телефона для получения информации.

Документы [например, авиационные накладные (AWB), счета-фактуры], сопровождающие каждую перевозку, должны включать либо декларацию грузоотправителя, либо наклейку, прикрепленную к существующему документу с указанием:

- о содержании в перевозимом грузе литиевых аккумуляторов;
- необходимости обработки перевозимого груза с осторожностью;
- в случае повреждения она должна быть помещена на карантин, осмотрена и переупакована;
- номер телефона для получения информации.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего международного стандарта
ГОСТ Р 57149—2016/ ISO/IEC Guide 51:2014	IDT	ISO/IEC Guide 51:2014 «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты»
ГОСТ Р МЭК 62133-2—2019	IDT	IEC 62133-2:2017 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности портативных герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 2. Системы на основе лития»
ГОСТ Р МЭК 62281—2020	IDT	IEC 62281:2019 «Безопасность первичных и вторичных литиевых элементов и батарей при транспортировании»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

[1] ST/SG/AC. 10/11/Rev.5/Amend.1 «United Nations Transport of Dangerous Goods UN Manual of Tests and Criteria, Part III, sub-section 38.3 Fifth revised edition Amendment 1» (Документ ST/SG/AC. 10/11/Rev.5/Amend.1, редакция 5, Дополнение 1 «Рекомендации ООН по перевозке опасных грузов. Рекомендации по испытаниям и критериям, Часть III (подраздел 38.8), пятое пересмотренное издание, Дополнение 1»)

[2] UL1642. UL standard for safety for lithium batteries (Стандарт компании Underwriters Laboratories Inc. UL1642. Стандарт UL «Безопасность литиевых батарей»)

[3] MIL-STD-810. Department of defense test method standard environmental engineering considerations and laboratory tests (Стандарт MIL-STD-810. Стандарт министерства обороны США для организации проведения испытаний «Рекомендации по изучению и разработке способов защиты от воздействия условий окружающей среды и проведению лабораторных испытаний»)

[4] SMC standard SMC-S-017 «Lithium-ion battery for spacecraft applications» (Стандарт центра ракетно-космических систем (SMC) космического командования ВВС США SMC-S-017 «Литий-ионные аккумуляторные батареи для использования в составе аппаратуры космических летательных аппаратов»)

[5] NASA/TM-2009-2215751:NESC-RP-08-75/06-069-I, «Guidelines on lithium-ion battery use in space applications» (Документ NASA/TM-2009-2215751:NESC-RP-08-75/06-069-I «Рекомендации по использованию литий-ионных аккумуляторных батарей в составе аппаратуры космических летательных аппаратов»)

[6] JSC20793 rev.B «Crewed space vehicle battery safety requirements» (Документ JSC20793, редакция B «Требования к аккумуляторным батареям, используемым в составе аппаратуры пилотируемых космических летательных аппаратов»)

[7] NAVSEA S9310-AQ-SAF-10 Second revision. «Technical manual for NAVY lithium battery safety program responsibilities and procedures» (Документ S9310-AQ-SAF-10, второе издание. «Техническое руководство для ответственности и процедур программы безопасности литиевых батарей ВМФ»)

[8] Document RCC 319-10 «Flight termination systems commonality standard» (Документ RCC 319-10 «Унифицированный стандарт для систем прекращения полета»)

[9] ECSS-E-ST-10-03C: European cooperation for space standardization: testing (Документ ECSS-E-ST-10-03C — Европейская организация по стандартизации в области космической деятельности — испытания)

[10] ECSS-E-ST-10-02C: European cooperation for space standardization: verification (Документ ECSS-E-ST-10-02C — Европейская организация по стандартизации в области космической деятельности — верификация)

[11] ECSS-Q-ST-40-02C: European cooperation for space standardization: hazard analysis (Документ ECSS-Q-ST-40-02C — Европейская организация по стандартизации в области космической деятельности — анализ опасности)

[12] ECSS-Q-ST-30-11C REV1: European cooperation for space standardization: derating — EEE components (Документ ECSS-Q-ST-30-11C rev.1, первая редакция — Европейская организация по стандартизации в области космической деятельности. Снижение номинальных параметров. Электрические, электронные и электромеханические компоненты)

[13] ECSS-Q-ST-70C: European cooperation for space standardization: material, mechanical part and processes (Документ ECSS-Q-ST-70C — Европейская организация по стандартизации в области космической деятельности — материал, механические части и процессы)

[14] AIAA S-122-2007, «Electrical power systems for unmanned spacecraft» (Документ AIAA S-122-2007 «Системы электропитания беспилотных космических летательных аппаратов»)

[15] ST/SG/AC. 10/1/rev.17, United Nations, Recommendations on the transport of dangerous goods model regulations, seventeenth revised edition (Документ ST/SG/AC. 10/1/rev.17, Организация Объединенных Наций, Рекомендации по перевозке опасных грузов. Типовые правила. 17-е пересмотренное издание)

УДК 621.355.9:006.354

ОКС 29.220.99
49.140

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторные батареи, безопасность, космические аппараты, оценка жизненного цикла, рабочие характеристики

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 19.11.2020. Подписано в печать 14.12.2020. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru