ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61982— 2018

БАТАРЕИ АККУМУЛЯТОРНЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЛИТИЕВЫХ БАТАРЕЙ

Методы испытаний для определения рабочих характеристик и выносливости

(IEC 61982:2012, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

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

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 11 октября 2018 г. № 750-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61982:2012 «Батареи аккумуляторные для использования на электрических дорожных транспортных средствах, за исключением литиевых батарей. Методы испытаний для определения рабочих характеристик и выносливости» (IEC 61982:2012 «Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles — Performance and endurance tests», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДБ

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р МЭК 61982-1-2011

6 Некоторые положения настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав. Международная электротехническая комиссия (МЭК) не несет ответственности за идентификацию подобных патентных прав

*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

© Стандартинформ, оформление, 2018

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
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Общие требования к испытаниям . . . 2
4.1 Точность измерительных приборов . . . 2
4.1.1 Электрические измерительные приборы . . . 2
4.1.2 Измерение температуры . . . 2
4.1.3 Измерение плотности электролита свинцово-кислотных аккумуляторов открытых типов . . . 3
4.1.4 Погрешности . . . 3
4.2 Общие положения . . . 3
4.2.1 Скорость изменения тока . . . 3
4.2.2 Температура в случае доступности электролита . . . 3
4.2.3 Температура в случае недоступности электролита . . . 3
4.2.4 Измерение плотности электролита свинцово-кислотных аккумуляторов открытых типов . . . 3
4.2.5 Механическая фиксация . . . 3
4.3 Испытуемые образцы . . . 3
4.4 Температуры испытания . . . 4
4.4.1 Температура при типовых испытаниях . . . 4
4.4.2 Работа СКУ . . . 4
4.5 Заряд и выдержка после заряда . . . 4
4.6 Подготовка . . . 4
4.7 Последовательность испытаний . . . 4
4.8 Запись данных . . . 4
4.8.1 Общие положения . . . 4
4.8.2 Частота записей . . . 4
5 Нормированная емкость . . . 5
5.1 Общие положения . . . 5
5.2 Дополнительные температуры испытания . . . 5
6 Динамическое испытание определения рабочих характеристик при разряде . . . 5
6.1 Основные положения . . . 5
6.2 Задание профиля цикла испытаний без рекуперации . . . 5
6.3 Задание профиля цикла испытаний с рекуперацией . . . 5
6.4 Определение динамических характеристик разряда . . . 6
6.4.1 Испытание на циклирование без рекуперации . . . 6
6.4.2 Испытание на циклирование с рекуперацией . . . 6
7 Динамическое испытание на выносливость . . . 6
7.1 Основные положения . . . 6
7.2 Условия испытаний . . . 6
7.3 Испытание на циклирование без рекуперации . . . 6
7.4 Испытание на циклирование с рекуперацией . . . 6
7.5 Испытание на выносливость . . . 6
7.5.1 Условия заряда . . . 6
7.5.2 Выдержка после заряда . . . 7
7.5.3 Разряд . . . 7

7.5.4 Частота циклирования . . . 7
7.5.5 Проверка емкости . . . 7
7.5.6 Восстановительные операции . . . 7
7.5.7 Критерий окончания эксплуатации . . . 7
7.5.8 Запись данных . . . 7
8 Испытания для определения рабочих характеристик для БС . . . 7
8.1 Общие положения . . . 7
8.2 Исходные предположения . . . 7
8.3 Эталонный испытательный цикл . . . 8
8.3.1 Основной микроцикл разряда . . . 8
8.3.2 Корректировка цикла с учетом рабочих характеристик автомобиля, если требуется . . . 8
8.3.3 Выбор батареи и подготовка к проведению испытания . . . 8
8.4 Общие условия испытания . . . 8
8.4.1 Общие положения . . . 8
8.4.2 Определение энергоемкости батареи . . . 9
8.4.3 Начальный показатель энергоемкости . . . 9
8.5 Испытания по определению срока службы . . . 9
8.6 Определение максимальной мощности и сопротивления батареи . . . 9
8.7 Определение способности получения и сохранения заряда . . . 10
8.7.1 Эффективность заряда . . . 10
8.7.2 Испытания на частичные разряды . . . 11
8.7.3 Измерение саморазряда . . . 11
8.8 Экстремальные режимы эксплуатации . . . 11
8.8.1 Непрерывный разряд при максимальной мощности ТС . . . 11
8.8.2 Заряд при максимальной энергии рекуперации как функция степени заряженности . . . 11
Приложение А (обязательное) Метод испытаний для Ni/MH батарей, используемых для двигателей гибридных электрических транспортных средств . . . 15
Приложение ДА (справочное) Список используемых обозначений и сокращений . . . 27
Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам . . . 28
Библиография . . . 29

Введение

Стандарт МЭК 61982:2012 введен взамен следующих стандартов:

МЭК 61982-1:2006, Батареи аккумуляторные для использования на электрических дорожных транспортных средствах. Часть 1. Параметры испытаний;

МЭК 61982-2:2002, Батареи аккумуляторные для использования на электрических дорожных транспортных средствах. Часть 2. Испытания рабочих характеристик при динамическом разряде и выносливости в динамических режимах;

МЭК 61982-3:2001, Батареи аккумуляторные для использования на электрических дорожных транспортных средствах. Часть 3. Испытания рабочих характеристик и срока службы (транспортные средства для эксплуатации в городе с учетом затрудненного дорожного движения).

В отношении литий-ионных батарей для транспортных средств (ТС) применимы следующие стандарты:

МЭК 62660-1:2010, Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 1. Определение рабочих характеристик;

МЭК 62660-2:2010, Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 2. Испытания на надежность и эксплуатацию с нарушением режимов;

ИСО 12405-1:2011, Транспорт дорожный на электрической тяге. Методы испытаний тяговых литий-ионных батарейных блоков и систем. Часть 1. Высокомощные применения;

ИСО 12405-2:2012, Транспорт дорожный на электрической тяге. Технические требования к испытаниям модулей и систем тяговых литий-ионных батарей. Часть 2. Высокоэнергетическое применение.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БАТАРЕИ АККУМУЛЯТОРНЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЛИТИЕВЫХ БАТАРЕЙ

Методы испытаний для определения рабочих характеристик и выносливости

Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles. Performance and endurance tests

Дата введения — 2019—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт применим к испытаниям рабочих характеристик и долговечности аккумуляторных батарей, используемых для приведения в движение транспортных средств (далее — ТС). Его целью является установка определенных существенных характеристик аккумуляторов, батарей, моноблоков, модулей и батарейных систем (далее — БС), используемых для приведения в движение электрического дорожного транспорта, в том числе гибридных электрических транспортных средств, вместе с соответствующими методами испытаний для их оценки.

Испытания могут быть использованы для батарей, разработанных для применения в ТС, таких как, например легковых автомобилях, мотоциклах, коммерческом транспорте и т.п. Настоящий стандарт не распространяется на системы батарей для специальных ТС, таких как общественный транспорт, автомобили для вывоза мусора или тяжелые ТС, где использование батарей аналогично с промышленными ТС.

Методы испытаний зависят от требований к рабочим характеристикам ТС.

Данный стандарт распространяется на свинцово-кислотные (СК), никель/кадмиевые (Ni/Cd), никель/металлогидридные (Ni/MH) и натриевые (Na/NiCl) батареи, используемые в электрических дорожных транспортных средствах (ТСДЭ).

Приложение А определяет методы испытаний рабочих характеристик и срока службы никель/металлогидридных батарей, используемых для приведения в движение гибридных электромобилей (далее — ЭМГ).

Примечание — Настоящий стандарт не распространяется на литий-ионные аккумуляторные батареи для применения на автомобилях, на которые распространяется действие МЭК 62660-1, МЭК 62660-2, ИСО 12405-1 и ИСО 12405-2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок следует использовать только указанное издание, для недатированных ссылок следует использовать последнее издание указанного стандарта, включая все поправки.

IEC 60050-482:2004, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 482: Primary and secondary cells and batteries (Международный электротехнический словарь. Часть 482. Первичные и вторичные элементы, аккумуляторы и батареи)

IEC 61434, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Guide to designation of current in alkaline secondary cell and battery standards (Аккумуляторы и батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Руководство по указанию тока в стандартах по щелочным аккумуляторам и батареям)

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте использованы термины с соответствующими определениями, приведенные в МЭК 60050-482:2004, а также следующие термины с соответствующими определениями

3.1 **батарейная система;** БС (*battery system*): Устройство хранения энергии, которое включает аккумуляторы или сборки аккумуляторов или батарей, а также электрические цепи и электронные компоненты.

Пример: блок контроля батареи, контакторы.

Примечание — Компоненты БС также могут быть распределены в различные устройства внутри ТС.

3.2 **начальное содержание энергии** (*benchmark energy content*): Содержание энергии батареи, измеренное во время исходного испытательного цикла и используемое в качестве опорного значения для оценки ухудшения параметров батареи во время ее жизни.

3.3 **номинальное напряжение** (*nominal voltage*): Численное значение напряжения аккумулятора, которое зависит от типа электрохимической системы.

Примечания

1 Номинальное напряжение аккумулятора обозначается как U_n, В.

2 Значения номинальных напряжений приведены в таблице 1.

3.4 **типовое испытание** (type testing): Испытание, в ходе которого определяются рабочие характеристики изделия в тщательно контролируемых условиях, в значительной степени свободных от влияния окружающей среды и создаваемых им самим

3.5 **нормированная емкость** (rated capacity): Количество электричества, которое полностью заряженный аккумулятор или батарея может отдать при ее разряде постоянным током I_n до конечного напряжения $U_к$ за период n ч при заданной температуре.

Примечание — Нормированная емкость C_n аккумулятора или батареи заявляется изготовителем.

3.6 **эталонная температура окружающей среды** (ambient reference temperature): Температура (25 ± 2) °С

4 Общие требования к испытаниям

4.1 Точность измерительных приборов

4.1.1 Электрические измерительные приборы

4.1.1.1 Номенклатура измерительных приборов

Применяемые измерительные приборы должны обеспечивать возможность правильного измерения значения напряжения и тока. Номенклатура этих приборов и методы измерений должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить точность, указанную для каждого испытания. Для аналоговых приборов это означает, что показания должны сниматься в последней трети градуированной шкалы.

Могут быть использованы любые измерительные приборы при условии, что они дают эквивалентную точность.

4.1.1.2 Измерение напряжения

Приборы, используемые для измерения напряжения, должны иметь класс точности 0,5 или лучше. Сопротивление используемых вольтметров должно быть не менее 1000 Ом/В (см. серию стандартов МЭК 60051).

4.1.1.3 Измерение тока

Приборы, используемые для измерения тока, должны иметь класс точности 0,5 или лучше. Вся цепь, состоящая из амперметра, шунта и провода, должна быть класса точности 0,5 или выше (см. серию МЭК 60051 или МЭК 60359).

4.1.2 Измерение температуры

Приборы, используемые для измерения температуры, должны иметь соответствующий диапазон, в котором значение каждого градуированного деления не более 1 °С. Абсолютная точность прибора должна быть не менее 0,5 °С.

Точка измерения температуры должна соответствовать месту, указанному изготовителем как место, которое наиболее точно отражает температуру электролита, или если такое место не задано, то

точка измерения должна быть в центре длинной стороны аккумулятора, будь то одиночный аккумулятор или аккумулятор, который является неотъемлемой частью моноблока.

В случае системы батарей, которая включает в себя систему управления температурным режимом, или, когда аккумуляторы не являются доступными для непосредственного измерения температуры, температура может быть измерена системой контроля и управления батареи (СКУ), предоставляемой изготовителем.

4.1.3 Измерение плотности электролита свинцово-кислотных аккумуляторов открытых типов

Для измерения плотности электролита должны использоваться ареометры с градуировкой каждого деления не более 5 кг/м^3. Абсолютная точность прибора должна быть не менее 5 кг/м^3.

4.1.4 Погрешности

Общая величина погрешности контролируемых или измеряемых значений относительно заданных или фактических величин должна находиться в пределах следующих допусков:

a) ± 1 % для напряжения;

b) ± 1 % для тока;

c) ± 2 % для мощности;

d) ± 2 °C для температуры;

e) ± 0,1 % для времени;

f) ± 0,1 % для размеров;

g) ± 0,1 % для массы.

Эти допуски включают в себя точность измерительного инструмента, используемого метода измерения и все другие источники ошибки в методе испытания.

4.2 Общие положения

4.2.1 Скорость изменения тока

Скорость изменения тока (разница по времени, с, между одним установленным значением тока и следующим за ним требуемым значением) в ходе динамического испытания должна быть не более 1 с.

Переключение между уровнями мощности в микроциклах должно быть таким, чтобы середина перехода происходила в точке, выделенной для перехода.

Общая продолжительность каждого полного микроцикла должна быть (360 ± 1) с.

4.2.2 Температура в случае доступности электролита

Температура аккумулятора измеряется при помощи датчика температуры, погруженного в электролит над пластинами.

4.2.3 Температура в случае недоступности электролита

Температура аккумулятора определяется измерением температуры поверхности устройства. Температура должна быть измерена в месте, которое наиболее точно отражает температуру электролита.

4.2.4 Измерение плотности электролита свинцово-кислотных аккумуляторов открытых типов

Из-за различных скоростей стабилизации аккумуляторов измерения плотности электролита должны проводиться во времена, наиболее подходящие для испытуемого образца, но в рамках ограничений, накладываемых испытуемой системой.

4.2.5 Механическая фиксация

При необходимости для испытуемых образцов должны быть предусмотрены меры механической фиксации, чтобы сохранить те же размеры, что и при установке в батареи, как указано изготовителем.

4.3 Испытуемые образцы

Аккумуляторы, входящие в испытуемый образец и подвергаемые динамическому испытанию определения рабочих характеристик при разряде или динамическому испытанию на выносливость, должны предварительно достичь фактической емкости по крайней мере равной нормированной емкости.

Количество испытуемых образцов, необходимых для проведения каждого испытания должно быть не менее 5 в случае аккумуляторов и 2 в случае моноблоков.

В случае проведения испытаний на конкретной батарее ТС по согласованию между изготовителями аккумуляторов и изготовителями ТС может использоваться как сама батарея, так и ее представительная часть.

4.4 Температуры испытания

4.4.1 Температура при типовых испытаниях

4.4.1.1 Для свинцово-кислотных аккумуляторных батарей температура батареи в начале разряда должна быть равна заданной для испытания температуре ± 5 °С.

В случае, если температура аккумулятора в начале разряда (начальная температура) отличается от эталонной температуры окружающей среды и если это имеет существенное влияние на результат, должен быть применен соответствующий поправочный коэффициент к результирующей емкости.

Для коррекции значения емкости к действительной емкости может быть использована формула

$$C_{ф} = \frac{C}{1 + \lambda(t_0 - 25)},\ А \cdot ч, \quad (1)$$

где $C_{ф}$ — фактическая емкость испытуемого образца, измеренная при эталонной температуре;

C — емкость, измеренная при начальной температуре;

t_0 — начальная температура;

λ — корректирующий температурный коэффициент (см. таблицу 1).

После разряда, аккумуляторы/батареи должны быть полностью заряжены в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя, а затем выдержаны при заданной температуре испытания в течение от 1 ч до 4 ч перед следующим разрядом.

4.4.1.2 Для Ni/MH и Ni/Cd батарей температура батареи в начале разряда должна быть равна заданной для испытания температуре ± 2 °С. Для батарей на основе натрия внутренняя температура измеряется СКУ и должна быть в пределах, рекомендованных изготовителем батарей.

4.4.2 Работа СКУ

БС, снабженные СКУ, должны иметь эту функцию включенной во время испытания. Все системы должны быть обеспечены питанием, как указано изготовителем батареи.

4.5 Заряд и выдержка после заряда

Аккумуляторы до испытания на разряд должны быть заряжены в пределах, установленных в настоящем стандарте в соответствии с процедурой заряда, указанной заводом-изготовителем. После заряда образец должен быть выдержан в течение от 1 ч до 4 ч при температуре окружающей среды, объявленной для испытания, которое должно проводиться.

4.6 Подготовка

Перед началом испытания батареи должны быть подготовлены в соответствии со спецификациями завода-изготовителя. Подготовительные операции прекращаются, как только достигается нормированная емкость. Количество циклов для подготовки должно быть менее 20.

4.7 Последовательность испытаний

Следующие испытания должны проводиться в порядке, указанном в настоящем стандарте:

- подготовка (см. 4.6),
- динамическое испытание определения рабочих характеристик при разряде (см. раздел 6),
- динамическое испытание на выносливость (см. раздел 7).

4.8 Запись данных

4.8.1 Общие положения

Запись данных должна содержать время, температуру, напряжение и ток, а также визуальные наблюдения. Данные включают запись о любых видах работ, проведенных на образцах батарей во время проведения испытаний.

4.8.2 Частота записей

Все параметры должны быть измерены и сохранены с дискретностью, достаточной, чтобы гарантировать, что все значимые отклонения записываются для последующего анализа данных. Кроме того, для испытаний, включающих короткие переходные режимы (например, при измерении пиковой мощности) в критический период испытаний важны и дискретность записи (обычно раз в секунду) и разница во времени между соответствующими измерениями тока и напряжения (как правило, 0,1 с или менее).

5 Нормированная емкость

5.1 Общие положения

Данное испытание предназначено для измерения емкости, А·ч, батарей, аккумуляторов/модулей при их разряде постоянным током. Нормированная емкость должна быть емкостью 3-часового режима разряда при температуре 25 °С, если не указано иное и ее значение заявляется изготовителем.

Батарея должна быть разряжена постоянным током, определяемым по формуле (2):

$$I_3 = \frac{C_3}{3} \qquad (2)$$

до конечного напряжения $U_{к3}$,

где I_3 — постоянный ток, А;

C_3 — нормированная емкость в 3-часовом режиме, указанная изготовителем, А·ч;

$U_{к3}$ — конечное напряжение разряда, указанное для этого типа батарей, В (см. таблицу 1).

Для новых батарей, подвергаемых испытанию на определение емкости, допускается проведение не более 20 циклов для достижения значения нормированной емкости. Испытание на определение емкости должно быть прекращено при первом цикле, при котором достигается значение нормированной емкости. Батареи, которые не достигают нормированной мощности на 20-м цикле, не должны использоваться для испытания. Дополнительные нормируемые емкости, которые необходимо рассматривать в применении к ТСДЭ, — это емкости 5 ч, 1 ч и 0,5 ч режимов разряда. Соответствующие конечные напряжения разряда $U_{к5}$, $U_{к1}$, $U_{к0,5}$ для режимов C_5, C_1, $C_{0,5}$ приведены в таблице 1.

Примечание — Испытание по определению емкости для Ni/MH батарей, используемых для приведения в движение ЭМГ, приведено в приложении А.

5.2 Дополнительные температуры испытания

Если это допустимо для испытуемого типа батареи, полезно определить рабочие характеристики также при температурах окружающей среды 45 °С, 0 °С и минус 20 °С.

6 Динамическое испытание определения рабочих характеристик при разряде

6.1 Основные положения

Цель этого испытания — задать условия для получения значения емкости батареи, которая наиболее приближена к доступной емкости в режиме использования в ТСДЭ.

В приложениях ТСДЭ тяговые батареи должны быть способны обеспечивать режимы разряда, изменяющиеся в широких пределах. Профили потребления при движении могут быть упрощены моделью больших токов для разгона, малых токов для постоянной скорости движения и нулевого тока для периодов простоя. При учете подзаряда аккумуляторных батарей во время торможения ТС (рекуперации) в профиль испытания вводят импульс заряда большим током.

Температура испытаний указана в таблице 1.

6.2 Задание профиля цикла испытаний без рекуперации

Динамический цикл разряда должен быть представлен повторяющимися микроциклами продолжительностью 60 с, каждый из которых состоит из трех уровней тока:

1) разряд током $I_{рв}$, в течение 10 с;

2) разряд током $I_{рн}$, в течение 20 с;

3) ток I_0, в течение 30 с (см. рисунок 1 и таблицу 2).

6.3 Задание профиля цикла испытаний с рекуперацией

Динамический цикл разряда должен быть представлен повторяющимися микроциклами продолжительностью 60 с, каждый из которых состоит из четырех уровней тока:

1) разряд током $I_{рв}$ в течение 10 с;

2) разряд током $I_{рн}$ в течение 20 с;

3) заряд током $I_{зр}$ в течение 5 с;

4) ток I_0 в течение 25 с (см. рисунок 2 и таблицу 2).

Изготовитель может назначить максимальное напряжение, которое не должно превышаться во время импульса $I_{зр}$.

6.4 Определение динамических характеристик разряда

6.4.1 Испытание на циклирование без рекуперации

Динамическая фактическая емкость $C_{дф}$, А·ч — это сумма количества электричества повторяющихся циклов разрядов по 6.2 полностью заряженной и выдержанной по 4.5 батареи до снижения ее напряжения до $U_к$/аккумулятор.

6.4.2 Испытание на циклирование с рекуперацией

Динамическая фактическая емкость $C_{дфр}$, А·ч — это сумма количества электричества повторяющихся циклов разрядов по 6.3 полностью заряженной и выдержанной по 4.5 батареи до снижения ее напряжения до $U_к$/аккумулятор за вычетом количества электричества, пошедшего на заряд при рекуперации.

7 Динамическое испытание на выносливость

7.1 Основные положения

Цель этого испытания — определить количество циклов разряда до момента, когда фактическая емкость ($C_{дф}$ или $C_{дфр}$), в соответствии с методами, описанными ниже, снизится до 80 % от первоначальной емкости при испытании по 6.2 или 6.3.

7.2 Условия испытаний

Динамическое испытание на выносливость должно осуществляться с испытуемым образцом, желательно частично погруженным в масляную или водяную баню. Температура должна поддерживаться в пределах величины, определенной для испытания ± 2 °С, и циркуляция жидкости в бане должна обеспечивать эффективное охлаждение аккумуляторов. Температура испытаний указана в таблице 1.

Если физические ограничения не позволяют использовать охлаждающие жидкости, может быть использовано воздушное охлаждение. В этом случае, а также для батарей со встроенной системой теплового управления применяются те же условия испытаний, как в случае жидкостного управления теплом.

Во время испытания, если это применимо и необходимо, уровень электролита должен находиться в пределах, рекомендованных изготовителем.

7.3 Испытание на циклирование без рекуперации

Динамический цикл разряда должен быть представлен повторяющимися микроциклами продолжительностью 60 с согласно 6.2 (см. рисунок 1 и таблицу 2).

Разрядные циклы продолжают проводить до снижения значения динамической емкости, получаемой по 6.4.1 до 80 % от значения, полученного при испытании по 6.2, проведенного перед испытанием на выносливость.

7.4 Испытание на циклирование с рекуперацией

Динамический цикл разряда должен быть представлен повторяющимися микроциклами продолжительностью 60 с согласно 6.3 (см. рисунок 2 и таблицу 2).

Разрядные циклы продолжают проводить до снижения значения динамической емкости, получаемой по 6.4.2 до 80 % от значения, полученного при испытании по 6.3, проведенного перед испытанием на выносливость.

7.5 Испытание на выносливость

7.5.1 Условия заряда

Заряд должен быть начат в течение 1 ч после предыдущего разряда. Заряд должен проводиться в соответствии с инструкцией изготовителя, желательно таким образом, чтобы полный заряд батареи проходил за время не более 8 ч.

7.5.2 Выдержка после заряда

После заряда батарея должна быть выдержана в течение от 1 ч до 4 ч.

7.5.3 Разряд

Разряд должен проводиться с помощью испытательного цикла, описанного в 7.3 или 7.4.

7.5.4 Частота циклирования

По возможности периоды заряда и выдержки должны быть выбраны так, чтобы можно было провести по крайней мере два цикла заряда/разряда в день.

7.5.5 Проверка емкости

С регулярными интервалами 50 циклов должно проводиться испытание определения характеристик динамического разряда в соответствии с 6.2 или 6.3 для записи изменения емкости.

7.5.6 Восстановительные операции

Проведение восстановительного цикла, указанного заводом-изготовителем, допускается с интервалом не менее 50 циклов заряда/разряда.

7.5.7 Критерий окончания эксплуатации

Конец срока службы будет достигнут тогда, когда емкость снизится в двух последовательных циклах до 80 % и менее от значения емкости, полученной при испытании батареи по 6.2 или 6.3 до проведения испытания на выносливость.

Испытание на выносливость считается завершенным.

7.5.8 Запись данных

Должны быть записаны следующие данные:

- рассчитанная емкость для каждого цикла разряда;
- накопительные данные по отданной емкости;
- достигнутое общее число циклов разряда.

8 Испытания для определения рабочих характеристик для БС

8.1 Общие положения

Методы испытаний этого пункта применимы к БС, используемым в аккумуляторных электромобилях (ЭМА)*.

Существует три основных вида испытания, а именно испытания на определение энергоемкости, мощности и срока службы. Все другие испытания не являются обязательными.

8.2 Исходные предположения

Для того, чтобы испытание действительно отражало поведение батареи при эксплуатации в ТС, режимы разряда и размер батареи должны быть типичными представителями тех ТС, которые находятся в фактической эксплуатации в условиях города. В настоящее время ограничивающим фактором в выборе батареи, вероятно, будет масса батареи, которая может быть размещена на транспортном средстве. При появлении более энергоемких батарей ограничивающим фактором для городского автомобиля станет дальность пробега в городских условиях или время вождения. Следовательно, есть два критерия для выбора батареи: во-первых, масса, а во-вторых, дальность пробега, если емкость при данной массе более чем достаточна, чтобы обеспечить требуемую дальность. Цифры, выбранные как характерные для городского применения, приведены ниже:

Средняя скорость движения: 30 км/ч.

Потребление энергии от батареи: 100 Вт·ч/(т·км).

Основные испытания проводятся при температуре окружающей среды 25 °С.

Указанная средняя скорость ТС и расход энергии батареи на километр пройденного пути эквивалентны в среднем потреблению мощности от батареи 3 кВт на тонну массы ТС. Поэтому батарея с емкостью 15 кВт·ч способна обеспечить движение в городе ТС массой 1 т на расстояние 150 км.

Примечание — Фактические значения массы, объема и емкости, выбираемые для конкретного ТС, будут зависеть от целого ряда факторов, связанных с ТС и с пространством, доступным для размещения БС. В качестве руководства для выбора аккумулятора можно предложить для рассмотрения следующие показатели:

- максимальная доля батареи от полной массы ТС: 30 %;
- максимальная дальность пробега, необходимого для городского автомобиля: 150 км.

---

* Для справки (примечание разработчика стандарта): Под термином «аккумуляторный электромобиль, ЭМА» подразумевается электромобиль, в котором батарея является единственным источником энергии для движения.

8.3 Эталонный испытательный цикл

8.3.1 Основной микроцикл разряда

Анализ длительности шагов для микроцикла и относительной мощности для каждого шага показывает, что для среднего разряда мощностью 3 кВт микроцикл должен быть построен так, чтобы пиковая мощность в шаге 15 была 24 кВт. Полный список из 20 шагов, испытания динамической нагрузки (ИДН) микроцикла с максимальной мощностью 24 кВт приведен в таблице 3. Мощности при разряде отмечены как отрицательные значения.

Эталонный испытательный цикл состоит из микроциклов, повторяющихся до тех пор, пока батарея не будет полностью разряжена или пока испытание не завершится по какой-то другой причине.

8.3.2 Корректировка цикла с учетом рабочих характеристик автомобиля, если требуется

Потребление энергии ТС с высокими рабочими характеристиками может быть выше, чем ТС с низкими рабочими характеристиками, однако из-за ограничения движения в дорожном потоке разница в потреблении энергии в нормальных условиях эксплуатации в городе будет мала. Для того, чтобы отразить тот факт, что высокие рабочие характеристики ТС лягут дополнительной нагрузкой на батарею, по согласованию между изготовителем батареи и изготовителем ТС может быть создан метод испытания батареи для конкретного ТС. Для того, чтобы скорректировать метод под конкретные ТС, нужно сделать изменения всего в нескольких шагах профиля микроцикла, а именно в шаге 15 (максимальная мощность разряда) и в шаге 19 (максимальная мощность рекуперации), которые корректируются по величине, но не по длительности, до значения фактической мощности системы привода ТС (см. таблицу 4). Для испытуемых БС, предназначенных для использования в ТС с высокими рабочими характеристиками, пиковые значения должны быть увеличены, а для использования в ТС с низкими характеристиками их можно уменьшить. Величины и продолжительность остальных операций должны оставаться неизменными. Пример микроцикла, адаптированного для испытания батареи на ТС с массой 1 т с высокими рабочими характеристиками, приведен в таблице 4. В данном примере максимальная мощность системы привода составляет 100 кВт, а максимальная мощность рекуперации составляет 50 кВт.

8.3.3 Выбор батареи и подготовка к проведению испытания

БС, отвечающая общим требованиям изготовителя ТС, включая систему управления и вспомогательное оборудование батареи, должна быть подготовлена к испытанию в соответствии с инструкциями завода-изготовителя БС, и процедуры подготовки должны быть документированы. Перед началом испытания всеми его участниками должна быть тщательно проверена совместимость элементов управления и контроля различных участвующих систем, например СКУ, системы привода ТС и испытательного стенда в лаборатории. Батарея должна находиться во время испытания в таком положении, чтобы потоки воздуха и температура окружающей среды вокруг батареи соответствовали условиям, которые будут на ТС.

Аккумуляторы и батареи для испытания могут пройти подготовку путем проведения нескольких циклов, чтобы обеспечить удовлетворительное значение разрядной емкости.

8.4 Общие условия испытания

8.4.1 Общие положения

БС должна быть полностью заряжена в соответствии с инструкциями изготовителя при температуре окружающей среды 25 °С. Испытания должны проводиться при этой же температуре окружающей среды, если не указано иное, и при тех же условиях обтекания воздушным потоком, как если бы батарея находилась на ТС. Расход воздуха должен поддерживаться во время разряда, но не во время заряда. Система термокондиционирования, питающаяся от батареи, должна быть активной, если этого требует конструкция БС. Если для питания СКУ используется внешний источник питания, энергия, потребленная из этого источника, должна быть записана и объявлена.

Напряжения при работе, в том числе минимальное напряжение при разряде и максимальное напряжение при заряде, должны быть записаны для каждого микроцикла испытания емкости батареи на протяжении всей программы испытаний срока службы (см. 8.4.3). Эти значения должны быть объявлены как диапазон рабочих напряжений для микроцикла.

Очень малое число тяговых аккумуляторных батарей, имеющихся в настоящее время или находящихся в стадии разработки, будут воспринимать непрерывные сильные воздействия без ущерба. В этих условиях БС защищена с помощью СКУ. Целью испытаний, описанных ниже, является определение границ работы батареи, накладываемых СКУ при условиях, которые сама БС не может принять. Это подчеркивает важность требования точного и надежного взаимодействия между СКУ и системами ТС,

поскольку в некоторых случаях всего несколько минут экстремальной эксплуатации могут привести к необратимому повреждению БС.

Допустимо использование среднего расхода воздуха через батарею, а не изменение потока в соответствии с расчетной скоростью ТС. Рекомендуется, чтобы во время испытания использовался постоянный расход воздуха, соответствующий средней скорости движения ТС 30 км/ч.

8.4.2 Определение энергоемкости батареи

Энергоемкость батареи измеряется с помощью эталонного испытательного цикла, описанного в 8.3. БС должна быть испытана непрерывным повторением основного микроцикла разряда при согласованных уровнях мощности. Испытание прекращается по завершении микроцикла, в котором батарея уже не в состоянии обеспечить необходимую мощность, или когда разряд останавливается по команде СКУ. Причины прекращения испытания должны быть отмечены в протоколах испытаний. Во время испытаний необходимо производить непрерывную запись напряжения БС. Должны быть зарегистрированы и задекларированы количество циклов при проведении испытаний, общее количество микроциклов, общее количество энергии, Вт·ч, отданное батареей при стадиях разряда, и общее количество энергии, Вт·ч, полученное ею при имитации рекуперативного торможения. Энергоемкость батареи должна быть объявлена в чистом виде, т.е. как разница между общим количеством энергии, пошедшей на разряд и общим количеством энергии, пошедшей на рекуперативный заряд.

СКУ может прекратить цикл на основании значений отданной емкости, температуры, напряжения или каких-либо других причин, связанных с долговечностью батареи или ее безопасностью.

8.4.3 Начальный показатель энергоемкости

Для установления соответствия измеряемой емкости, после предварительной подготовки новой БС, должны быть проведены 10 эталонных испытательных циклов с частотой один цикл в сутки. Чистое количество отданной энергии регистрируется на каждом из 10 циклов, при этом чистая энергия, отданная на последнем цикле, должна быть записана и объявлена как начальная энергоемкость.

8.5 Испытания по определению срока службы

Для определения срока службы батареи используют проведение эталонных испытательных циклов. Батарея должна разряжаться до отдачи ею 80 % от своей начальной энергоемкости или до конца микроцикла, в котором отдается 80 % энергии. Затем, в пределах 1 ч после разряда, батарея должна начать заряжаться. Разряд должен быть начат в течение 1 ч после завершения заряда.

Начало разряда может быть отложено для того, чтобы вписаться в нормальный режим работы испытательной лаборатории.

Через каждые 50 циклов определяют энергоемкость батареи с помощью контрольного цикла. Это позволит определить фактическое содержание энергии батареи и проводить измерение других параметров. Во время этого испытания должна вестись непрерывная запись напряжения БС, причем так, чтобы были определены и другие параметры БС. Должны быть записаны и объявлены общее количество микроциклов, общее количество энергии, Вт·ч, отданное батареей при стадиях разряда, и общее количество энергии, Вт·ч, полученное ею при имитации рекуперативного торможения. Совокупность этих данных дает энергоемкость батареи на данном этапе программы испытаний определения срока службы.

Если требуется, сразу же после полного завершения контрольного цикла допустимо использовать процедуру восстановительных операций.

Испытание по определению срока службы прекращают, когда количество отданной энергии снижается до уровня ниже 80 % значения начальной энергоемкости. Число эталонных испытательных циклов должно быть записано и объявлено как срок службы батареи.

Интервалы между контрольными испытаниями по определению энергоемкости батареи могут быть изменены таким образом, чтобы дать приблизительно 10 таких испытаний в течение ожидаемого срока службы батареи.

8.6 Определение максимальной мощности и сопротивления батареи

Максимальная мощность, которую может обеспечить батарея, определяется, для целей настоящего стандарта, как мощность, при которой ток разряда вызывает снижение напряжения на клеммах батареи до 2/3 от напряжения разомкнутой цепи. Значение максимальной мощности и сопротивления батареи рассчитывается исходя из замеров напряжения и тока во время испытания по определению срока службы при измерении энергоемкости путем записи значений напряжения и силы тока в конце 14

и 15 шагов таблицы 3 или таблицы 4. Для целей настоящего расчета сопротивление при разряде и напряжение разомкнутой цепи должны быть рассчитаны исходя из разницы значений тока и напряжения в этих двух точках, причем предполагается, что сопротивление при разряде линейно в диапазоне от нулевого значения тока до тока максимальной мощности.

Сопротивление батареи определяется по формуле

$$R_б = \frac{U_{14} - U_{15}}{I_{15} - I_{14}}. \quad (3)$$

Напряжение разомкнутой цепи определяется по формуле

$$U_{НРЦ} = U_{14} + I_{14} \cdot R_б. \quad (4)$$

Ток, требуемый для снижения напряжения до 2/3 $U_{НРЦ}$ определяется по формуле

$$I_{мм} = \frac{U_{НРЦ}}{3R_б} \quad (5)$$

и максимальная мощность рассчитывается по формуле

$$P_{макс.} = \frac{2U_{НРЦ} \times I_{мм}}{3}, \quad (6)$$

где $R_б$ — расчетное сопротивление батареи;

$U_{НРЦ}$ — расчетное напряжение разомкнутой цепи батареи;

$I_{мм}$ — расчетный пиковый ток при максимальной мощности;

$P_{макс.}$ — расчетная максимальная мощность батареи.

Расчетное сопротивление батареи, расчетное напряжение разомкнутой цепи и расчетная максимальная мощность батареи должны быть объявлены в результатах.

Примечание — Эти важные параметры батареи определяются по отношению к требованиям ТС. Определение истинной максимальной мощности экспериментальным путем может вызвать перегрузку некоторых компонентов батареи и, как правило, не является необходимым.

8.7 Определение способности получения и сохранения заряда

8.7.1 Эффективность заряда

8.7.1.1 Эффективность заряда при нормальной эксплуатации

Эффективность заряда вычисляется путем записи энергии, поступившей в батарею, и энергии, отданной батареей при ее разряде во время каждого цикла заряда/разряда, или выбранных циклов заряда/разряда программы испытания определения срока службы батареи. Измерение эффективности заряда должно включать потери, связанные с использованием СКУ, если таковая используется. Оно должно также включать потери, связанные с любыми операциями по обслуживанию или выравнивающими зарядами, необходимыми в ходе проведения испытания по определению срока службы.

Эффективность батареи рассчитывается из количества энергии, поступившей в батарею, и энергии, полученной от нее, и объявляется для каждого испытания емкости батарей, проведенного в ходе испытания по определению срока службы.

Эффективность заряда может быть определена для разряда до других степеней заряженности (СЗ) (например, 80 % глубины разряда (ГР)). Однако для получения таких данных потребуется проведение отдельных испытаний.

Если требуется, во время этого испытания может быть измерена также эффективность зарядного устройства, хотя это и выходит за рамки настоящего стандарта.

8.7.1.2 Быстрый заряд

БС должна быть разряжена до конца микроцикла, на котором энергоемкость уменьшается на 60 % от начального значения, т. е. до 40 % СЗ, после чего она подвергается быстрому заряду до 80 % СЗ в соответствии с инструкциями изготовителя батареи. Затем проводят разряд по эталонному циклу до состояния полного разряда, а полученное от батареи количество энергии используют для оценки эффективности быстрого заряда. Способ быстрого заряда, количество энергии, возвращенной батарее во время быстрого заряда и энергоемкость должны быть документированы.

Испытание для определения способности БС к принятию быстрого заряда может быть проведено на подсистеме полной БС. Подсистема батареи должна быть подготовлена таким же образом, как и полная БС, и для нее должна быть подтверждена начальная энергоемкость.

8.7.2 Испытания на частичные разряды

БС должна быть разряжена до конца микроцикла, на котором энергоемкость уменьшается на 20 % от начального значения, т. е. до 80 % СЗ, после чего она подвергается заряду обычным способом. Это испытание должно быть повторено в общей сложности 20 раз со скоростью один цикл испытаний в день. Затем измеряют емкость батареи по 8.4.2. Полученное значение емкости регистрируют и объявляют. Чтобы оценить результаты восстановления емкости, испытание определения емкости батареи может повторяться до 5 раз. В этом случае емкость, измеренная в каждом испытании, должна быть записана и объявлена.

Это испытание, если требуется, может быть повторено, используя 50 % СЗ как ГР.

В некоторых БС при проведении на постоянной основе частичных разрядов через регулярные промежутки времени может потребоваться проведение восстановительных циклов. В этом случае использование восстановительных циклов должно быть объявлено и подробности их проведения должны быть записаны.

Испытание для определения последствий частичного разряда может быть сделано на подсистеме полной БС.

8.7.3 Измерение саморазряда

БС должна быть полностью заряжена в обычном режиме, затем ее выдерживают без подключения к внешним источникам питания в течение 30 дней при эталонной температуре окружающей среды (25 °С). После этого измеряют энергоемкость по 8.4.2 и результаты регистрируют. Потери энергии должны быть заявлены как потери вследствие саморазряда в период простоя.

Для измерения невосстанавливаемых потерь при саморазряде полностью заряжают БС и опять разряжают по 8.4.2 при эталонной температуре окружающей среды. Потери энергии должны быть заявлены.

Возможно, что для поддержания батареи в рабочем состоянии будет необходимо внешнее устройство. В этом случае потребление энергии этим устройством должно быть включено в расчет саморазряда.

Это испытание может проводиться для других периодов выдержки и при других температурах окружающей среды. Предпочтительные значения для альтернативных периодов выдержки — два дня и пять дней. Предпочтительные значения для альтернативных температур окружающего воздуха при выдержке — минус 20 °С и +40 °С. Если испытание на саморазряд должно проводиться при альтернативных температурах окружающей среды, вначале должна быть установлена емкость батареи при таких температурах, путем проведения испытаний, описанных в 8.4.2 и 8.4.3, при этих температурах.

Испытание по измерению саморазряда БС может быть проведено на подсистеме полной БС. В этом случае, любая дополнительная нагрузка на батарею должна быть смоделирована и масштабирована, чтобы иметь возможность перенести данные на полноразмерную БС.

8.8 Экстремальные режимы эксплуатации

8.8.1 Непрерывный разряд при максимальной мощности ТС

ТС в некоторых условиях может работать непрерывно на высокой мощности. Примерами таких режимов являются продолжительный подъем в гору или длительная буксировка другого автомобиля (или оба случая совместно).

Батарея должна быть полностью заряжена в обычном режиме и затем разряжена на максимальном уровне мощности системы ТС, установленном для применения в проведении эталонного цикла (см. 8.3.2). Значения тока и напряжения должны непрерывно фиксироваться. Испытание прекращают, когда достигается любое из предельных значений, установленных изготовителем батареи. При испытании регистрируют время, в течение которого может быть использована максимальная мощность и кривая мощность/время, допускаемая СКУ, если ею допускается продолжение работы на пониженной мощности.

8.8.2 Заряд при максимальной энергии рекуперации как функция степени заряженности

При эксплуатации ТС в городе, как правило, не допускают высокий уровень мощности рекуперации, это тот необязательный случай, когда автомобиль буксируют или он используется, чтобы добраться до или из города. Обычно наихудшие условия при эксплуатации — когда батарея необходима, чтобы

принять максимальную мощность рекуперации в состоянии высокой СЗ. Если присутствует СКУ, то она должна препятствовать такой возможности путем подачи сигнала для системы привода ТС, чтобы уменьшить мощность, подаваемую для рекуперации. Прежде чем пытаться проводить такое испытание, изготовитель ТС должен быть ознакомлен с требованиями сопряжения БС и привода.

Для приведения БС до требуемой ГР (0 % или минимального значения, допускаемого СКУ, 25 %, 50 %, 75 % или максимально допустимого СКУ значения) используют эталонный разряд. Затем БС в течение 15 мин подвергают максимальной мощности рекуперации при торможении, установленной для применения в проведении эталонного цикла (см. 8.3.2). Значения тока и напряжения должны непрерывно фиксироваться. Испытание прекращают, когда достигается любое из предельных значений, установленных изготовителем батареи.

При испытании регистрируют время, в течение которого может быть использована максимальная мощность рекуперации и кривая мощность/время, допускаемая СКУ, если ею допускается продолжение заряда на пониженной мощности.

Динамический профиль разряда без рекуперации

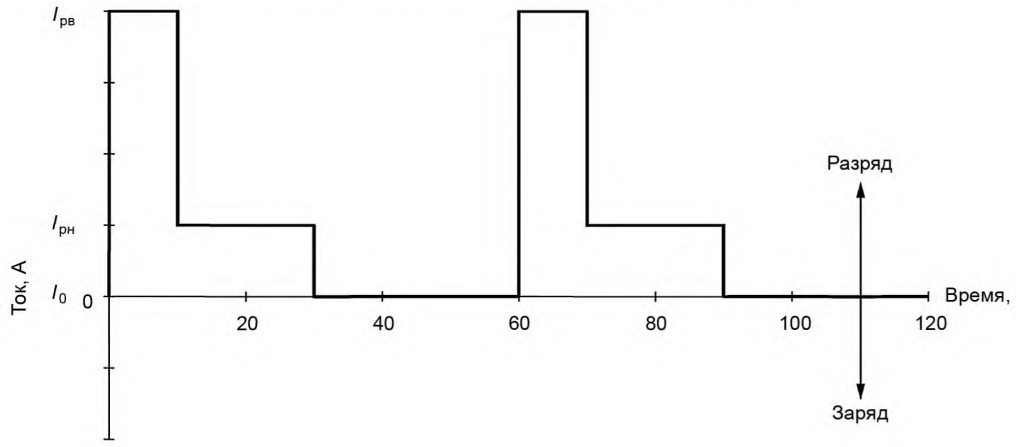


Рисунок 1 — Профиль испытания без рекуперации

Динамический режим разряда с рекуперацией

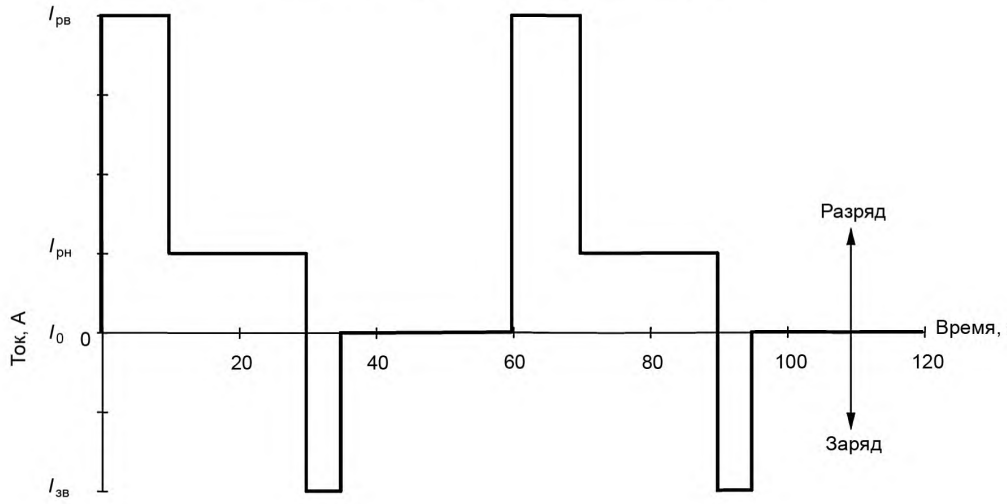


Рисунок 2 — Профиль испытания с рекуперацией

Таблица 1 — Список параметров условий испытания

Параметр		СК	Ni/Cd	Ni/MH	Na/NiCl[a]
Номинальное напряжение	$U_н$, В	2,0	1,2	1,2	2,6
Конечное напряжение при разряде током I_3	$U_{к3}$, В	1,68	1,0	1,0	2,2
Конечное напряжение при разряде током I_5	$U_{к5}$, В	1,7	1,0	1,0	2,2
Конечное напряжение при разряде током I_1	$U_{к1}$, В	1,6	1,0	1,0	1,7
Конечное напряжение при разряде током $I_{0,5}$	$U_{к0,5}$, В	1,5	0,9	0,9	
Эталонная температура окружающей среды	T, °С	25	25	25	25
λ — температурная коррекция	5 ч	0,006	0	0	0
λ — температурная коррекция	3 ч	0,0065	0	0	0
λ — температурная коррекция	1 ч	0,007	0	0	0
λ — температурная коррекция	0,5 ч	0,01 [b]	0	0	0
[a] Значения напряжений, используемых в испытании устанавливается изготовителем. [b] См. МЭК 60254-1.					

Таблица 2 — Список параметров заряда/разряда

Параметр		СК	Ni/Cd	Ni/MH	Na/NiCl[a]
Разряд импульсом большого тока	$I_{рв}$, А	5,2 × I_3	5,2 × I_3	5,2 × I_3	5,2 × I_3
Разряд импульсом малого тока	$I_{рв}$, А	1,3 × I_3	1,3 × I_3	1,3 × I_3	1,3 × I_3
Импульс рекуперативного заряда	$I_{зр}$, А	2,6 × I_3	2,6 × I_3	2,6 × I_3	2,6 × I_3
[a] Значения напряжений, используемых в испытании устанавливается изготовителем.					

Таблица 3 — Список значений ИДН для одного микроцикла, в котором пиковая мощность равна 24 кВт

Шаг	Длительность, с	Мощность, %	Мощность, кВт	Шаг	Длительность, с	Мощность, %	Мощность, кВт
1	16	0,0	0,0	11	12	–25,0	–6,0
2	28	–12,5	–3,0	12	8	12,5	+3,0
3	12	–25,0	–6,0	13	16	0,0	0,0
4	8	12,5	+3,0	14	36	–12,5	–3,0
5	16	0,0	0,0	15	8	–100,0	–24,0
6	24	–12,5	–3,0	16	24	–62,5	–14,7
7	12	–25,0	–6,0	17	8	25,0	+6,0
8	8	12,5	+3,0	18	32	–25,0	–6,0
9	16	0,0	0,0	19	8	50,0	+12,0
10	24	–12,5	–3,0	20	44	0,0	0,0
Значения, выделяемые на рекуперативную мощность, соответствует профилю мощности ИДН. Для предотвращения значительного перезаряда фактическая мощность, подаваемая на батарею может в некоторых случаях ограничиваться СКУ							

Таблица 4 — Список значений ИДН для одного микроцикла, адаптированного для ТС с высокими рабочими характеристиками

Шаг	Длительность, с	Мощность, кВт	Шаг	Длительность, с	Мощность, кВт
1	16	0,0	11	12	–6,0
2	28	–3,0	12	8	3,0
3	12	–6,0	13	16	0,0
4	8	+3,0	14	36	–3,0
5	16	0,0	15	8	–100,0
6	24	–3,0	16	24	–14,7
7	12	–6,0	17	8	6,0
8	8	3,0	18	32	–6,0
9	16	0,0	19	8	+50,0
10	24	–3,0	20	44	0,0

Приложение А
(обязательное)

Метод испытаний для Ni/MH батарей, используемых для двигателей гибридных электрических транспортных средств

А.1 Общие положения

В настоящем приложении приводится описание показателей и методик испытаний жизненного цикла никель-металлогидридных батарей (аккумуляторов), применяемых для двигателей ЭМГ.

В настоящем приложении под Ni/MH батареями подразумевают герметичные никель-металлогидридные батареи: это герметичные батареи, которые используют гидроксид никеля на положительном электроде, сплав, способный удерживать водород на отрицательном электроде и водный раствор щелочи (едкое кали), в качестве электролита. Герметичные батареи — это такие батареи, которые могут поддерживать герметичное состояние и не выделять газ или жидкость при заряде и разряде в пределах температурного диапазона, указанного изготовителем. Эти батареи используют механизм рекомбинации кислорода для предотвращения опасного возрастания внутреннего давления.

А.2 Общие условия испытаний

А.2.1 Температура испытания

Если не определено иначе, перед каждым испытанием аккумулятор или батарея должны быть выдержаны при температуре испытания в течение времени, указанного в таблице А.1.

Таблица А.1 — Температура батареи и период выдержки до начала испытания

Температура батареи в начале испытания, °С	Период выдержки до начала испытания, ч	Температура батареи в начале испытания, °С	Период выдержки до начала испытания, ч
45	16—24	0	16—24
25	1—4	–20	16—24

А.2.2 Измерение температуры

Температура аккумулятора должна быть измерена с помощью устройства измерения температуры поверхности, имеющего шкалу определения и точность калибровки, указанные в 4.1.1.1. Температура должна быть измерена в месте, которое наиболее точно отражает температуру аккумулятора. Температура, если это необходимо, может быть измерена и в других подходящих местах.

Примеры для измерения температуры приведены на рисунке А.1. Должны соблюдаться инструкции для измерения температуры, указанные изготовителем.

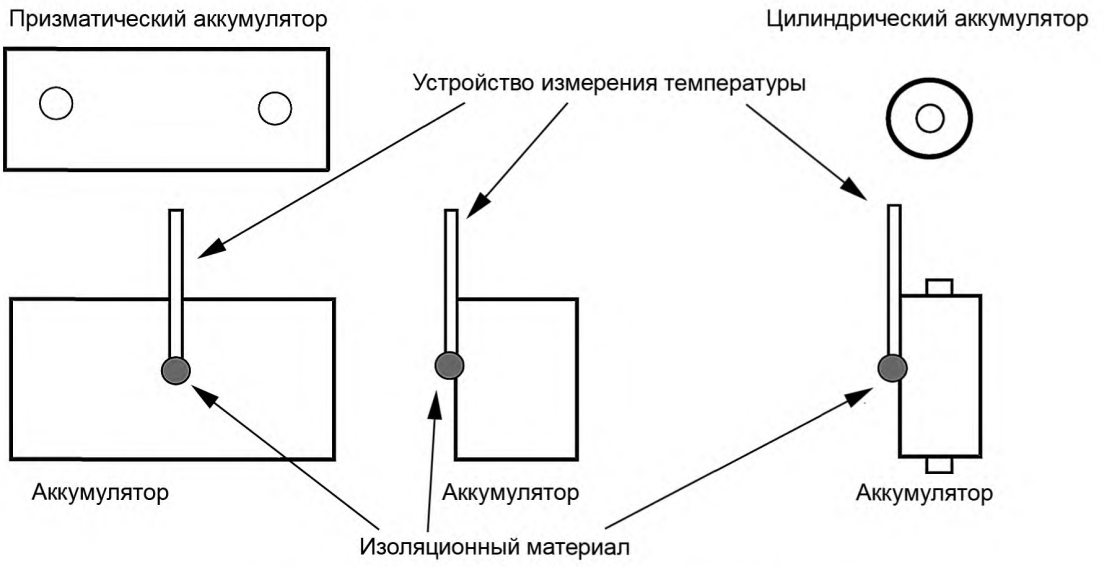
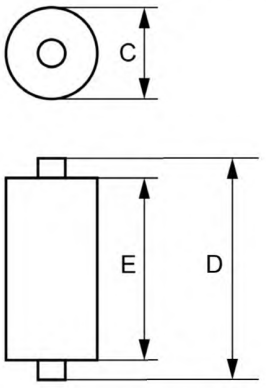


Рисунок А.1 — Пример измерения температуры аккумулятора

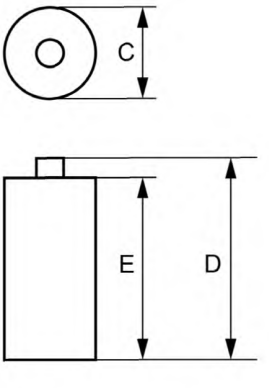
А.2.3 Измерение размеров

Максимальные размеры общей ширины, толщины или диаметра и длины аккумулятора должны быть измерены до трех значащих цифр в соответствии с допусками, приведенными в 4.1.4.

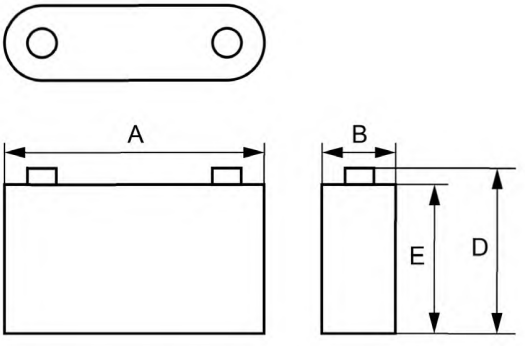
Примеры максимальных размеров приведены на рисунках А.2, a) — А.2, d).



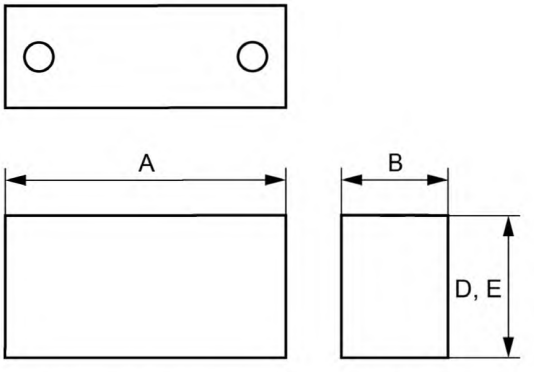
a) – Цилиндрические аккумуляторы (a)



b) – Цилиндрические аккумуляторы (b)



c) – Призматические аккумуляторы (a)



d) – Призматические аккумуляторы (b)

A — общая ширина; B — общая толщина; C — диаметр; D — общая длина аккумулятора (включая клеммы); E — общая длина аккумулятора (без учета клемм)

Рисунок А.2 — Примеры максимальных размеров аккумуляторов

А.3 Электрические измерения

А.3.1 Общие положения

В ходе каждого испытания должны быть зафиксированы напряжение, ток и температура.

А.3.2 Общие условия проведения заряда

Если иное не указано в настоящем стандарте, до начала испытания по измерению электрических характеристик аккумулятор заряжают следующим образом.

До начала заряда аккумулятор разряжают при температуре окружающей среды (25 ± 2) °С постоянным током 1/3 I_t, А до достижения конечного напряжения разряда $U_к$, указанного изготовителем. Затем аккумулятор должен быть заряжен при той же температуре в соответствии с методом заряда, указанным изготовителем.

А.3.3 Емкость

Емкость аккумулятора должна измеряться в соответствии со следующими шагами.

Шаг 1 — Аккумулятор должен быть заряжен по А.3.2.

После заряда температура аккумулятора должна быть стабилизирована в соответствии с А.2.

Шаг 2 — Аккумулятор должен быть разряжен постоянным током, приведенным в таблице А.2 и таблице А.3 при температуре окружающей среды минус 20 °С, 0 °С, 25 °С и 45 °С до конечного напряжения разряда, указанного в таблице А.4. Верхний предел тока разряда составляет 200 А. Конечное напряжение конца разряда батареи определяется как произведение конечного напряжения конца разряда одного аккумулятора и количества последовательно соединенных аккумуляторов в батарее.

Таблица А.2 — Ток разряда батареи при температуре окружающей среды 25 °С

Нормированная емкость батареи, А·ч	Ток разряда, А			
Менее 20	1/3 I_t	1 I_t	5 I_t	10 I_t
20 и более	1/3 I_t	1 I_t	2 I_t	5 I_t

Таблица А.3 — Ток разряда батареи при температурах окружающей среды минус 20 °С, 0 °С и 45 °С

Нормированная емкость батареи, А·ч	Ток разряда, А	
Менее 20	1/3 I_t	5 I_t
20 и более	1/3 I_t	2 I_t

Таблица А.4 — Конечное напряжение разряда аккумулятора

Ток разряда, А	Температура аккумулятора (батареи), °С			
	45	25	0	–20
	Конечное напряжение разряда, В			
1/3 I_t	1,0	1,0	1,0	0,9
1 I_t	—	0,9	—	—
2 I_t	Значение напряжения, указанное изготовителем			
5 I_t				
10 I_t				

Метод назначения тока испытаний I_t определен в МЭК 61434.

Шаг 3 — Должна быть измерена длительность разряда до достижения заданного конечного напряжения разряда, после чего должна быть рассчитана емкость аккумулятора, А·ч, до трех значащих цифр.

А.3.4 Корректировка СЗ

Испытуемые аккумуляторы должны быть заряжены как указано ниже. Процедура корректировки СЗ предназначена для подготовки аккумуляторов для испытаний в настоящем приложении.

Шаг 1 — Аккумулятор заряжают по А.3.2.

Шаг 2 — Аккумуляторы выдерживают при температуре окружающей среды (25 ± 2) °С в соответствии с А.2.1.

Шаг 3 — Аккумулятор разряжают постоянным током 1/3 I_t, А, при той же температуре в течение (100 — n)/100 · 1 ч, где n — СЗ, %, установленное для конкретного испытания.

А.4 Энергия

А.4.1 Метод испытания

Массовая удельная энергия, Вт·ч/кг, и объемная удельная энергия, Вт·ч/дм^3, аккумуляторов при определенном токе разряда 1/3 I_t, А, определяется в соответствии со следующей процедурой.

a) Измерение массы

Масса аккумулятора должна быть измерена до трех значащих цифр.

b) Измерение размеров

Размеры аккумулятора должны быть измерены, как указано в А.2.3.

c) Измерение емкости

Емкость аккумулятора определяют по А.3.3.

d) Расчет среднего значения напряжения

Значение среднего напряжения во время разряда в приведенном выше измерении емкости должно быть получено путем интегрирования напряжения разряда по всему времени разряда и деления полученного результата на продолжительность разряда. Простым способом среднее напряжение можно вычислить, используя следующий метод: напряжения при разряде U_1, U_2, …, U_n записываются каждые 5 с с момента начала разряда, при этом значения, полученные менее чем за 5 с до достижения конечного напряжения разряда, не учитываются. Среднее напряжение $U_{ср}$ рассчитывается в упрощенном порядке, используя формулу (А.1) и округляя результат до трех значащих цифр.

$$U_{ср}=\frac{U_1+U_2+\ldots+U_n}{n}. \quad (А.1)$$

Примечание — Если может быть достигнута достаточная точность, то могут быть использованы значения, обеспечиваемые измерительными приборами.

А.4.2 Расчет удельной энергии

А.4.2.1 Удельная энергия по массе

Удельная энергия по массе рассчитывается по формуле (А.2) и формуле (А.3) округляя результат до трех значащих цифр.

$$E_{эр} = C_р U_{ср}, \quad (А.2)$$

где $E_{эр}$ — электрическая энергия аккумулятора, Вт·ч;
$C_р$ — емкость, А·ч, при разряде током 1/3 I_t, А;
$U_{ср}$ — среднее напряжение во время разряда, В.

$$\rho_{эм} = \frac{E_{эр}}{M}, \quad (А.3)$$

где $\rho_{эр}$ — удельная энергия по массе, Вт·ч/кг;
$E_{эр}$ — электрическая энергия аккумулятора, Вт·ч;
M — масса аккумулятора, кг.

А.4.2.2 Удельная энергия по объему

Объемная удельная энергия рассчитывается по формуле (А.4) округляя результат до трех значащих цифр.

$$\rho_{эо} = \frac{E_{эр}}{V}, \quad (А.4)$$

где $\rho_{эо}$ — удельная энергия по объему, Вт·ч/дм^3;
$E_{эр}$ — электрическая энергия аккумулятора, Вт·ч;
V — объем аккумулятора, дм^3.

Объем призматических аккумуляторов должен учитываться исходя из полной высоты без учета клемм, ширины и длины аккумулятора, а цилиндрических аккумуляторов исходя из поперечного сечения и общей длины без учета клемм.

А.5 Удельная мощность и удельная мощность рекуперации

А.5.1 Метод испытания

Испытание должно проводиться в соответствии со следующей процедурой.

a) Измерение массы

Масса аккумулятора должна быть измерена до трех значащих цифр.

b) Измерение размеров

Размеры аккумулятора должны измеряться, как указано в А.2.3.

c) Получение вольт-амперной характеристики.

Вольт-амперная характеристика определяется путем измерения напряжения в конце импульса длительностью 10 с при разряде и заряде постоянным током при условиях, указанных ниже.

1) СЗ корректируется до значений 20 %, 50 % и 80 % по А.3.4, и температура аккумуляторов на момент начала испытаний должна быть (25 ± 2) °С.

Для испытания аккумуляторов при температуре окружающей среды (45 ± 2) °С, (0 ± 2) °С и (минус 20 ± 2) °С СЗ корректируется только до значения 50 %.

2) аккумулятор заряжают или разряжают при каждом значении тока, соответствующем значению нормированной емкости в соответствии с таблицей А.5 и таблицей А.6, а напряжение измеряется в конце 10 с импульса. Верхний предел тока заряда и разряда должен быть 200 А. Диапазоны тока заряда и разряда должны указываться заводом-изготовителем, стандартный интервал измерения составляет 1 с. Если напряжение через 10 с разряда ниже нижнего предела напряжения или через 10 с заряда выше верхнего предела напряжения, то данные измерений должны быть опущены.

Таблица А.5 — Токи заряда и разряда при температуре батареи 0 °С, 25 °С и 45 °С

Нормированная емкость батареи, А·ч	Ток разряда, А			
Менее 20	1/3 I_t	1 I_t	5 I_t	10 I_t
20 и более	1/3 I_t	1 I_t	2 I_t	5 I_t

Таблица А.6 — Токи заряда и разряда при температуре батареи минус 20 °С

Ток разряда, А		
1/3 I_t	1 I_t	2 I_t

3) После каждого разряда и каждого заряда должны быть предусмотрены перерывы по 10 мин. Однако, если температура аккумулятора после 10 мин выдержки не уменьшается до температуры испытания ± 2 °С, необходимо увеличить выдержку для охлаждения. Затем продолжают следующие разряды или заряды.

4) Испытание проводится по схеме, изображенной на рисунке А.3.

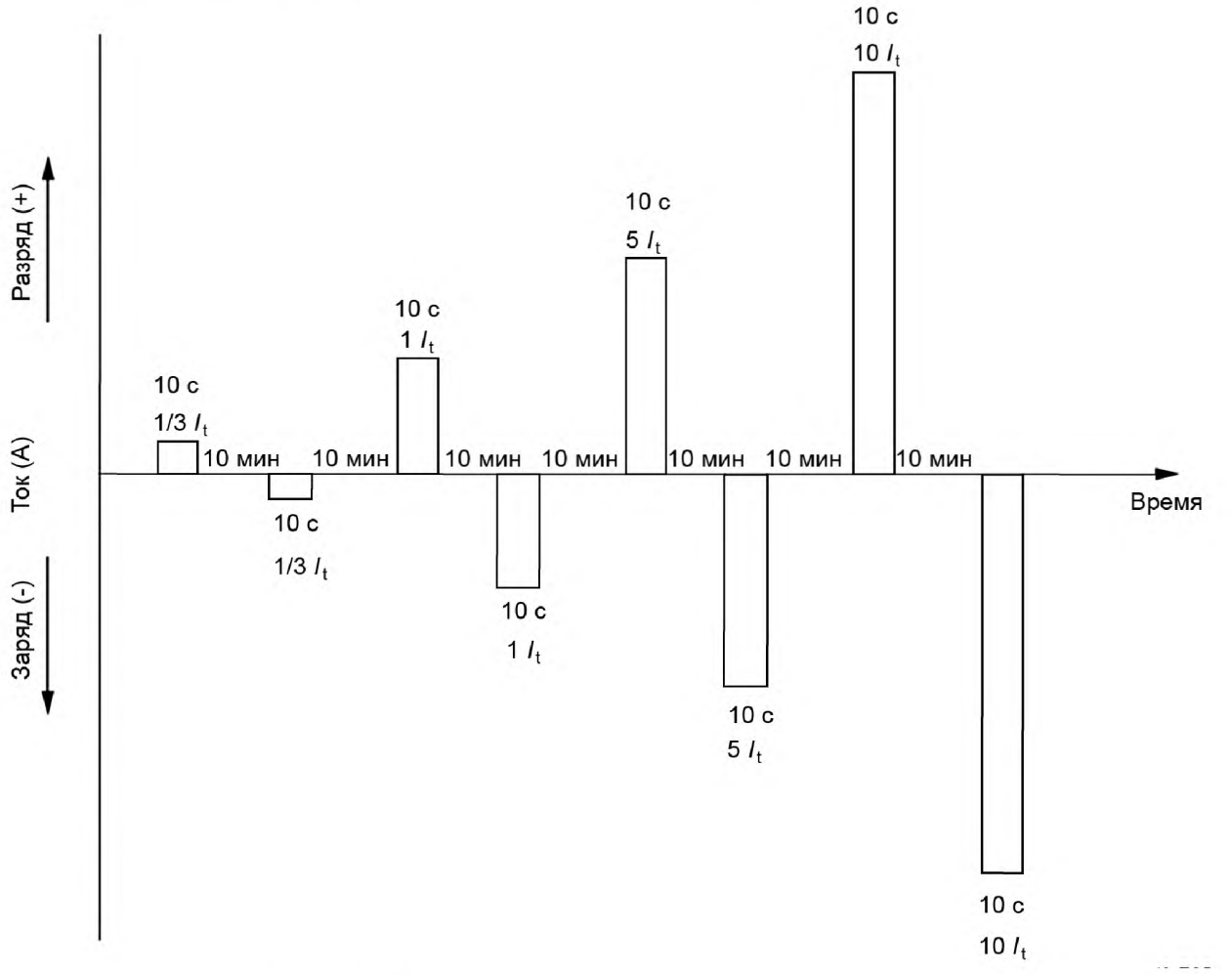


Рисунок А.3 — Порядок получения вольт-амперной характеристики
(пример с испытуемыми аккумуляторами с нормированной емкостью менее 20 А·ч)

А.5.2 Расчет удельной мощности

А.5.2.1 Ток разряда

При расчете удельной мощности, соответствующей 20 %, 50 % и 80 % СЗ, ток разряда $I_{рп}$ получают в порядке, показанном на рисунке А.4 с использованием вольт-амперных характеристик, полученных по А.5.1 путем построения графика напряжения в конце десятой секунды разряда постоянным током. Вольт-амперная характеристика экстраполируется с использованием метода наименьших квадратов на точку пересечения с уровнем нижнего предела напряжения при разряде и рассчитывается до трех значащих цифр. Это значение должно быть использовано как ток разряда $I_{рп}$ в расчете удельной мощности.

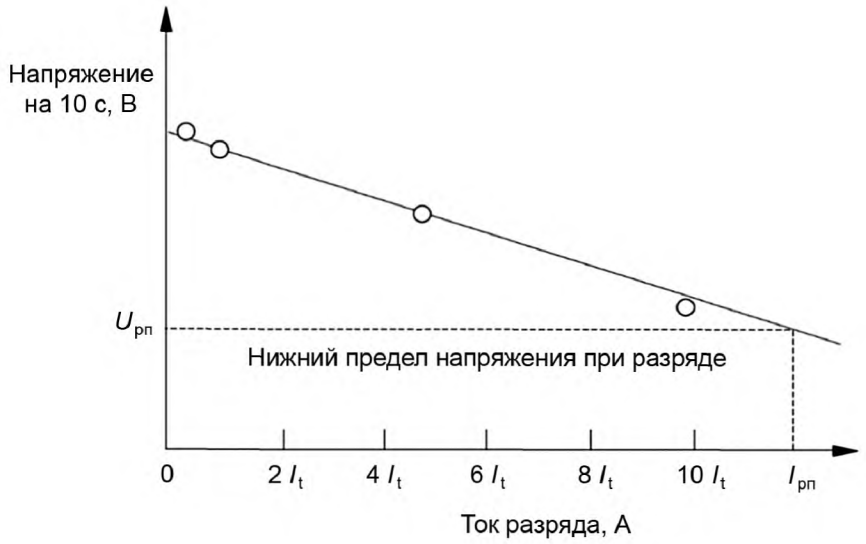


Рисунок А.4 — Метод получения максимального тока разряда $I_{рп}$ при вычислении удельной мощности

А.5.2.2 Мощность

Мощность рассчитывается по формуле (А.5) и округляется до трех значащих цифр.

$$W_{рп} = U_{рп} \cdot I_{рп}, \quad (А.5)$$

где $W_{рп}$ — мощность при разряде, Вт;
$U_{рп}$ — нижний предел напряжения при разряде;
$I_{рп}$ — ток разряда, полученный при вычислении удельной мощности, А.

А.5.2.3 Удельная мощность по массе

Удельная массовая мощность рассчитывается по формуле (А.6) и округляется до трех значащих цифр.

$$P_{эм} = \frac{W_{рп}}{M}, \quad (А.6)$$

где $P_{эм}$ — удельная мощность по массе, Вт·ч/кг;
$W_{рп}$ — мощность, Вт;
M — масса аккумулятора, кг.

А.5.2.4 Удельная мощность по объему

Объемная удельная энергии рассчитывается по формуле (А.7) и округляется до трех значащих цифр.

$$P_{эо} = \frac{W_{рп}}{V}, \quad (А.7)$$

где $P_{эм}$ — удельная мощность по массе, Вт·ч/кг;
$W_{рп}$ — мощность, Вт;
V — объем аккумулятора, дм^3.

Объем призматических аккумуляторов должен учитываться исходя из полной высоты без учета клемм, ширины и длины аккумулятора, а цилиндрических аккумуляторов исходя из поперечного сечения и общей длины без учета клемм.

А.5.3 Расчет рекуперативной удельной мощности

А.5.3.1 Ток заряда

При расчете удельной мощности рекуперации, соответствующей 20 %, 50 % и 80 % СЗ, ток разряда $I_{зп}$ получают в порядке, показанном на рисунке А.5, с использованием вольт-амперных характеристик, полученных по А.5.1, путем построения графика напряжения в конце десятой секунды заряда постоянным током. Вольт-амперная характеристика экстраполируется с использованием метода наименьших квадратов на точку пересечения с уровнем верхнего предела напряжения при заряде и рассчитывается до трех значащих цифр. Это значение должно быть использовано как ток заряда $I_{зп}$ в расчете удельной мощности рекуперации.

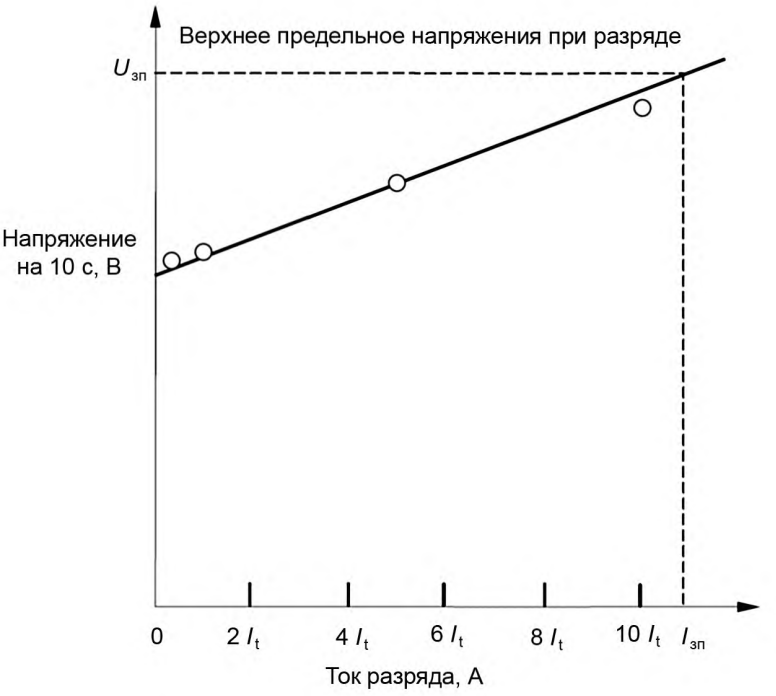


Рисунок А.5 — Метод получения максимального тока разряда $I_{зп}$ при вычислении удельной мощности рекуперации

А.5.3.2 Мощность рекуперации

Мощность рекуперации рассчитывается по формуле (А.8) и округляется до трех значащих цифр.

$$W_{зп} = U_{зп} \cdot I_{зп}, \quad (А.8)$$

где $W_{зп}$ — максимальная мощность рекуперации, Вт;
$U_{зп}$ — верхний предел напряжения при заряде;
$I_{зп}$ — ток заряда, полученный при вычислении удельной мощности рекуперации, А.

А.5.3.3 Удельная мощность рекуперации по массе

Удельная массовая мощность рассчитывается по формуле (А.9) и округляется до трех значащих цифр.

$$P_{рм} = \frac{W_{зп}}{M}, \quad (А.9)$$

где $P_{рм}$ — удельная мощность рекуперации по массе, Вт·ч/кг;
$W_{зр}$ — максимальная мощность рекуперации, Вт;
M — масса аккумулятора, кг.

А.5.3.4 Удельная мощность рекуперации по объему

Объемная удельная энергии рассчитывается по формуле (А.10) и округляется до трех значащих цифр.

$$P_{ро} = \frac{W_{зп}}{V}, \quad (А.10)$$

где $P_{рм}$ — удельная мощность рекуперации по объему, Вт·ч/кг;
$W_{зп}$ — максимальная мощность рекуперации, Вт;
V — объем аккумулятора, дм^3.

Объем призматических аккумуляторов должен учитываться исходя из полной высоты без учета клемм, ширины и длины аккумулятора, а цилиндрических аккумуляторов исходя из поперечного сечения и общей длины без учета клемм.

А.6 Внутреннее сопротивление по постоянному току

А.6.1 Метод испытания

Вольт-амперная характеристика определяется путем измерения напряжения в конце 10 с импульса при разряде и заряде постоянным током в соответствии с А.5.1. СЗ корректируется на 50 %, и температура окружающей среды устанавливается на (минус 20 ± 2) °С, (0 ± 2) °С, (25 ± 2) °С и (45 ± 2) °С.

А.6.2 Расчет внутреннего сопротивления по постоянному току

Вольт-амперные характеристики, полученные при разряде и заряде, линейно аппроксимируют с использованием метода наименьших квадратов. Абсолютное значение величины внутреннего сопротивления по постоянному току при разряде R_p получают как наклон вольт-амперной кривой при разряде (рисунок А.6), аналогично из кривой при заряде получают величину внутреннего сопротивления по постоянному току при заряде $R_з$ (рисунок А.7). Полученные значения округляют до третьей значащей цифры.

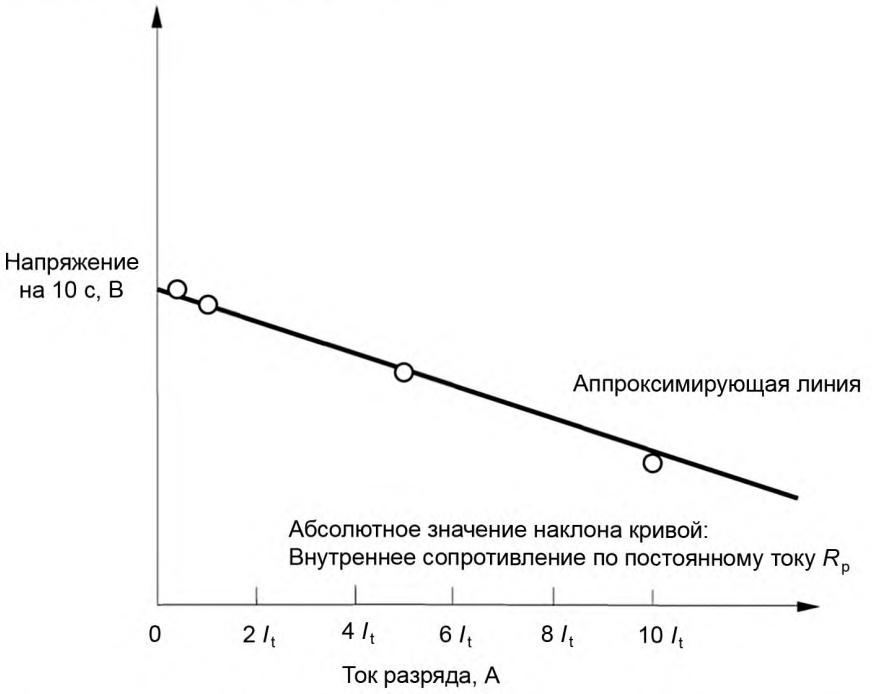


Рисунок А.6 — Метод получения значения внутреннего сопротивления по постоянному току при разряде

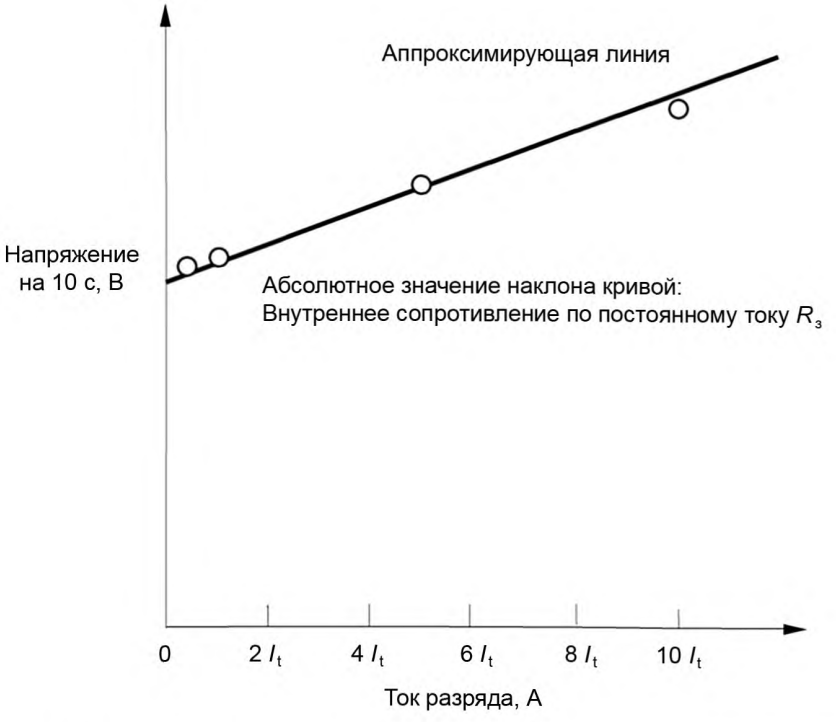


Рисунок А.7 — Метод получения значения внутреннего сопротивления по постоянному току при заряде

А.7 Сохраняемость заряда

Сохраняемость заряда аккумуляторов при 50 % СЗ определяют в соответствии со следующей процедурой.

Шаг 1 — Аккумулятор должен быть заряжен по А.3.2.

Шаг 2 — Аккумулятор должен быть разряжен до 50 % СЗ по А.3.4. Затем аккумуляторы должны быть выдержаны при температуре окружающей среды (25 ± 2) °С согласно таблице А.1.

Шаг 3 — Разряжают аккумулятор током 1/3 I_t при той же температуре до конечного напряжения разряда. Эта разрядная емкость обозначается C_b.

Шаг 4 — Повторяют Шаг 1 и Шаг 2.

Шаг 5 — Аккумуляторы хранят в течение 28 дней при температуре окружающей среды (45 ± 2) °С. Выдерживают аккумулятор при температуре окружающей среды (25 ± 2) °С перед началом разряда в течение от 16 до 24 ч.

Шаг 6 — Разряжают аккумулятор током 1/3 I_t при той же температуре до конечного напряжения разряда. Эта разрядная емкость обозначается C_r.

Коэффициент сохраняемости заряда рассчитывается по формуле (А.11)

$$R = \frac{C_r}{C_b} \cdot 100, \qquad (А.11)$$

где R — коэффициент сохраняемости заряда, %;

C_r — емкость аккумулятора после хранения, А·ч;

C_b — емкость аккумулятора до хранения, А·ч.

А.8 Циклический ресурс

А.8.1 Общие положения

Циклический ресурс аккумуляторов определяется с помощью следующих методов испытания.

А.8.2 Измерение исходных рабочих характеристик

Прежде чем начинать испытания на выносливость по зарядным и разрядным циклам должны быть измерены емкость и мощность, принимаемые как исходные характеристики аккумуляторов.

- Емкость

Испытание по определению емкости должно выполняться дважды в соответствии с А.3.3: при температуре окружающей среды (45 ± 2) °С и при (25 ± 2) °С.

- Мощность

Мощность должна быть измерена по А.5 при (25 ± 2) °С и 50 % СЗ.

А.8.3 Цикл заряда и разряда

a) Температура

Температура окружающей среды должна быть (45 ± 2) °С. В начале цикла заряда и разряда температура аккумулятора должна быть (45 ± 2) °С.

b) Корректировка СЗ перед началом циклирования

Аккумуляторы должны быть выдержаны при температуре окружающего воздуха (45 ± 2) °С в течение от 16 ч до 24 ч, после чего проводят корректировку СЗ до 50 % в соответствии с А.3.4.

c) Цикл заряда и разряда

Одиночный цикл определяется как повторение профиля тока, приведенного на рисунке А.8 и в таблице А.7 или рисунке А.9 и таблице А.8.

Цикл должен непрерывно повторяться в течение 5000 раз. Затем следует измерить рабочие характеристики аккумулятора как указано в А.8.3, d).

При исправлении отклонения СЗ во время цикла заряда и разряда, на 42-м шаге профиля тока, указанного в таблице А.7 и в таблице А.8, соответствующее значение может быть изменено на ± 2 I_t, А, или ± 200 Вт/кг.

Аккумулятор после выдержки в конце каждого цикла в течение 5 с или менее должен быть заряжен и приведен к 50% СЗ постоянным током 1/3 I_t, А.

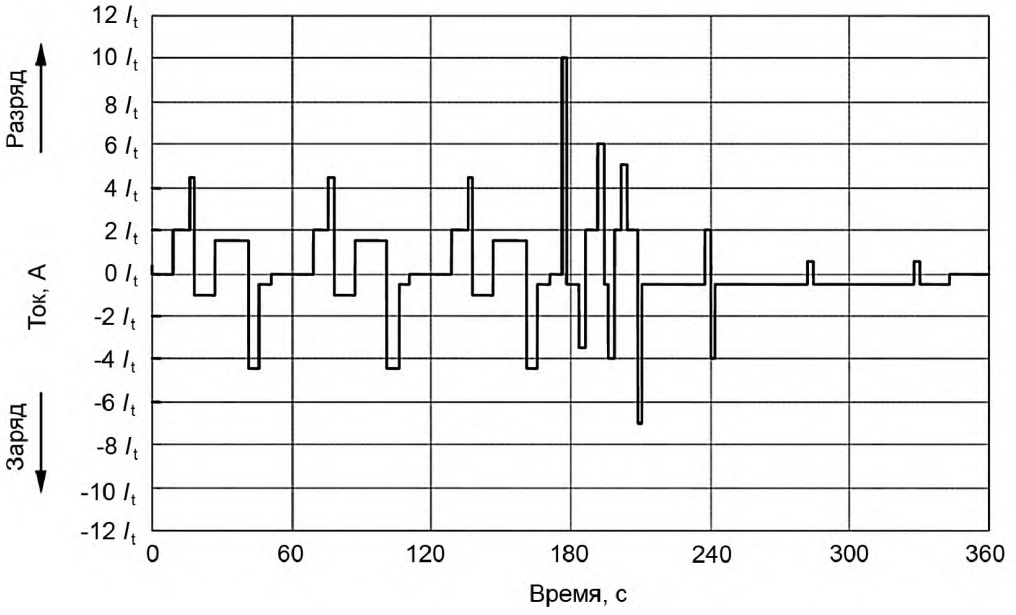


Рисунок А.8 — Профиль тока для испытаний на циклируемость для ЭМГ

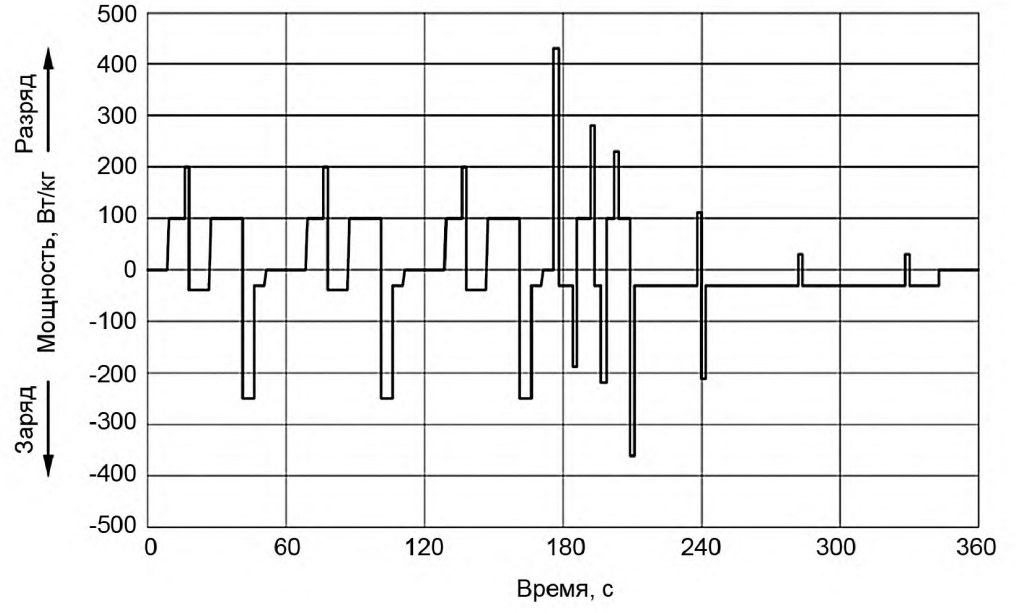


Рисунок А.9 — Профиль мощности для испытаний на циклируемость для ЭМГ

Таблица А.7 — Профиль тока для испытаний на циклируемость для ЭМГ

Шаг	Длительность, с	Ток, А	Шаг	Длительность, с	Ток, А
1	9	0,0 I_t	22	5	0,0 I_t
2	7	+2,0 I_t	23	2	+10,0 I_t
3	2	+4,5 I_t	24	6	–0,5 I_t
4	9	–1,0 I_t	25	2	–3,5 I_t
5	14	+1,5 I_t	26	6	+2,0 I_t
6	5	–4,5 I_t	27	2	+6,0 I_t
7	5	–0,5 I_t	28	2	–0,5 I_t
8	18	0,0 I_t	29	3	–4,0 I_t
9	7	+2,0 I_t	30	3	+2,0 I_t
10	2	+4,5 I_t	31	2	+5,0 I_t
11	9	–1,0 I_t	32	5	+2,0 I_t
12	14	+1,5 I_t	33	2	–7,0 I_t
13	5	–4,5 I_t	34	27	–0,5 I_t
14	5	–0,5 I_t	35	2	+2,0 I_t
15	18	0,0 I_t	36	2	–4,0 I_t
16	7	+2,0 I_t	37	40	–0,5 I_t
17	2	+4,5 I_t	38	2	+0,5 I_t
18	9	–1,0 I_t	39	44	–0,5 I_t
19	14	+1,5 I_t	40	2	+0,5 I_t
20	5	–4,5 I_t	41	13	–0,5 I_t
21	5	–0,5 I_t	42	17	0,0 I_t

Примечание — Положительные значения относятся к разряду.

Таблица А.8 — Профиль мощности для испытаний на циклируемость для ЭМГ

Шаг	Длительность, с	Мощность, Вт/кг	Шаг	Длительность, с	Мощность, Вт/кг
1	9	0	22	5	0
2	7	+100	23	2	+430
3	2	+200	24	6	–30
4	9	–40	25	2	–190
5	14	+100	26	6	+100
6	5	–250	27	2	+280
7	5	—30	28	2	–30
8	18	0	29	3	–220
9	7	+100	30	3	+100
10	2	+200	31	2	+230
11	9	–40	32	5	+100
12	14	+100	33	2	–360
13	5	–250	34	27	–30
14	5	–30	35	2	+110
15	18	0	36	2	–210
16	7	+100	37	40	–30
17	2	+200	38	2	+30
18	9	–40	39	44	–30
19	14	+100	40	2	+30
20	5	–250	41	13	–30
21	5	–30	42	17	0
Примечание — Положительные значения относятся к разряду.					

d) Периодическое измерение рабочих характеристик

После завершения каждого 5 000 циклов должны быть измерены рабочие характеристики аккумулятора, как указано в А.8.2. Общее время циклирования для каждого измерения рабочих характеристик также должно быть зафиксировано.

e) Прекращение испытания

Испытание на циклируемость прекращают при выполнении одного из следующих условий.

Условие А — Испытание по 8.3, c) повторено 6 раз.

Условие В — Когда любая из характеристик, измеренная в А.8.3, d) снижается до уровня менее 80% от первоначального значения.

Условие С — Когда во время заряда и разряда при циклировании достигается верхнее или нижнее значение пределов напряжения, в то время как одиночный цикл не завершен, несмотря на повторное испытание после проведения А.8.3, d).

Циклический ресурс аккумулятора — общее число циклов по окончании испытаний; оно не включает в себя испытание рабочих характеристик, упомянутых в А.8.3, d).

Приложение ДА
(справочное)

Список используемых обозначений и сокращений

Список обозначений

C — емкость, измеренная при начальной температуре;
$C_р$ — емкость при разряде током 1/3 I_t;
$C_ф$ — фактическая емкость испытуемого образца, измеренная при эталонной температуре;
$C_{дф}$ — динамическая фактическая емкость;
$C_{дфр}$ — динамическая фактическая емкость с учетом емкости, возвращенной при рекуперации;
$E_{эр}$ — электрическая энергия аккумулятора;
I_0 — нулевой ток при выдержке аккумулятора;
I_n — постоянный ток разряда n-часового режима;
$I_{зп}$ — ток заряда, полученный при вычислении мощности рекуперации при верхнем предельном напряжении;
$I_{зр}$ — ток заряда при рекуперации;
$I_{мм}$ — расчетный пиковый ток при максимальной мощности;
$I_{рв}$ — ток разряда высокий;
$I_{рн}$ — ток разряда низкий;
$I_{рп}$ — ток разряда, полученный для вычисления мощности при нижнем предельном напряжении;
M — масса аккумулятора;
$P_{эм}$ — удельная мощность по массе;
$P_{макс.}$ — расчетная максимальная мощность батареи
$P_{рм}$ — удельная мощность рекуперации по массе;
$P_{ро}$ — удельная мощность рекуперации по объему;
R — коэффициент сохраняемости заряда;
$R_б$ — расчетное сопротивление батареи;
$R_з$ — величина внутреннего сопротивления по постоянному току при заряде;
$R_р$ — величина внутреннего сопротивления по постоянному току при разряде;
t_0 — начальная температура;
$U_{зп}$ — верхний предел напряжения при заряде;
$U_к$ — конечное напряжение разряда;
$U_{кп}$ — конечное напряжение разряда n-часового режима;
$U_{НРЦ}$ — расчетное напряжение разомкнутой цепи батареи;
$U_{рп}$ — нижний предел напряжения при разряде;
$U_{ср}$ — среднее напряжение во время разряда;
V — объем аккумулятора;
$W_{зп}$ — максимальная мощность рекуперации;
$W_{рп}$ — мощность при разряде;
λ — корректирующий температурный коэффициент;
$\rho_{эм}$ — удельная электрическая энергия по массе;
$\rho_{эо}$ — удельная электрическая энергия по объему.

Список сокращений

БС — батарейная система;
ГР — глубина разряда;
СЗ — степень заряженности;
СК — свинцово-кислотные;
СКУ — система контроля и управления;
ИДН — испытания динамической нагрузки;
ТС — транспортное средство;
ТСДЭ — электрическое дорожное транспортное средство;
ЭМА — электромобиль аккумуляторный;
ЭМГ — электромобиль гибридный;
Na/NiCl — натрий-никельхлоридные (ZEBRA);
Ni/Cd — никель/кадмиевые;
Ni/MH — никель/металлогидридные.

Приложение ДБ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
IEC 60050-482:2004	IDT	ГОСТ Р МЭК 60050-482—2011 «Источники тока химические. Термины и определения»
IEC 61434	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного стандарта находится в Федеральном информационном фонде стандартов.

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

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

[1] IEC 60051 (all parts), Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories (Прямопоказывающие аналоговые измерительные приборы и их вспомогательные части)

[2] IEC 60254-1:2005, Lead-acid traction batteries — Part 1: General requirements and methods of test (Батареи аккумуляторные свинцово-кислотные тяговые. Часть 1. Общие требования и методы испытаний)

[3] IEC 60359, Electrical and electronic measurement equipment — Expression of performance (Аппаратура измерительная электрическая и электронная. Выражение рабочих характеристик)

[4] IEC 62660-1:2010, Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles — Part 1: Performance testing (Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 1. Определение рабочих характеристик)

[5] IEC 62660-2:2010, Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles — Part 2: Reliability and abuse testing (Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 2. Испытания на надежность и эксплуатацию с нарушением режимов)

[6] ISO 12405-1:2011, Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems — Part 1: High-power applications (Транспорт дорожный на электрической тяге. Методы испытаний тяговых литий-ионных батарейных блоков и систем. Часть 1. Высокомощные применения)

[7] ISO 12405-2:2012, Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion traction battery systems — Part 2: High energy applications (Транспорт дорожный на электрической тяге. Технические требования к испытаниям модулей и систем тяговых литий-ионных батарей. Часть 2. Высокоэнергетическое применение)

УДК 621.355.2, 621.355.8:006.354 | ОКС 29.220.20, 29.220.30 | ОКП 27.20.23.110; 27.20.21.000 | IDT

Ключевые слова: батареи аккумуляторные, электрические транспортные средства, батареи никель-кадмиевые, батареи свинцово-кислотные, батареи никель-металлогидридные

БЗ 12—2017/67

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 12.10.2018. Подписано в печать 30.10.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,76.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении 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