ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 62660-1— 2020

АККУМУЛЯТОРЫ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Часть 1

Испытания по определению рабочих характеристик

(IEC 62660-1:2018, IDT)

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 22 июля 2020 г. № 392-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62660-1:2018 «Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 1. Испытания по определению рабочих характеристик» (IEC 62660-1:2018 «Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles — Part 1: Performance testing», IDT).

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р МЭК 62660-1—2014

*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, 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
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 1
4 Условия испытаний . . . 2
4.1 Общие требования . . . 2
4.2 Измерительные приборы . . . 2
4.3 Погрешность измерений . . . 3
4.4 Тепловая стабилизация . . . 3
5 Измерение габаритных размеров . . . 3
6 Измерение массы . . . 5
7 Определение электрических характеристик . . . 5
7.1 Общие положения . . . 5
7.2 Общие условия заряда . . . 5
7.3 Емкость . . . 5
7.4 Корректировка степени заряженности . . . 5
7.5 Мощность . . . 6
7.6 Плотность энергии . . . 7
7.7 Испытания на хранение . . . 8
7.8 Ресурсные испытания (циклический режим) . . . 9
7.9 Испытания на энергоэффективность . . . 17
Приложение А (справочное) Обязательные и дополнительные условия испытаний . . . 20
Приложение В (справочное) Последовательность ресурсных испытаний . . . 22
Приложение С (справочное) Определение вольт-амперной характеристики . . . 25
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам . . . 27
Библиография . . . 27

Введение

На мировом рынке ускорилась коммерциализация электрических дорожных транспортных средств, включая аккумуляторные, гибридные и подзаряжаемые гибридные электромобили, что стало ответом на глобальные проблемы сокращения выбросов CO_2 и обеспечения энергетической безопасности. Это привело к быстрому росту спроса на тяговые батареи высокой мощности и высокой плотности энергии. Одними из самых перспективных типов батарей для электромобилей считаются литий-ионные батареи. Для обеспечения базового уровня рабочих характеристик и получения необходимых данных для проектирования систем автомобиля и батарей необходимы стандартизованные методы испытаний по определению рабочих характеристик литий-ионных батарей.

Настоящий стандарт устанавливает методы испытаний по определению рабочих характеристик литий-ионных аккумуляторов, используемых для приведения в движение транспортных средств, отличающихся от аккумуляторов других применений, в том числе для портативных и стационарных устройств, для которых методы испытаний установлены в других стандартах МЭК. Для автомобильного применения важно отметить специфику использования; то есть разнообразие конструкции автомобильных аккумуляторных батарей и систем, а также конкретные требования к аккумуляторам и батареям, соответствующие каждой из таких конструкций. Таким образом, целью настоящего стандарта, является установление базовой методологии испытаний с определенной универсальностью, которая выполняет функцию общего первичного испытания литий-ионных аккумуляторов для использования в различных батарейных системах.

Настоящий стандарт связан с ИСО 12405-4 [1].

МЭК 62660-2 [2] устанавливает испытания на надежность и эксплуатацию с нарушением режимов для литий-ионных аккумуляторов, предназначенных для использования в электромобилях.

МЭК 62660-3 [3] устанавливает требования безопасности для литий-ионных аккумуляторов, предназначенных для использования в электромобилях.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АККУМУЛЯТОРЫ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Часть 1

Испытания по определению рабочих характеристик

Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles. Part 1. Performance testing

Дата введения — 2021—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на литий-ионные аккумуляторы, используемые для приведения в движение аккумуляторных (ЭМА) и гибридных (ЭМГ) электромобилей, и устанавливает методы испытаний по определению рабочих характеристик.

Примечание 1 — Литий-ионный аккумулятор, используемый для приведения в движение подзаряжаемого гибридного электромобиля (ЭМГП), может быть испытан методом, применяемым для ЭМА или ЭМГ, в соответствии с конструкцией батарейной системы, на основе соглашения между изготовителем и потребителем.

Целью настоящего стандарта является установление порядка проведения испытаний для определения основных характеристик тяговых литий-ионных аккумуляторов, в т. ч. емкости, удельной мощности, удельной энергии, срока сохраняемости и срока службы в циклах.

Настоящий стандарт устанавливает типовой порядок проведения испытаний и условия для определения рабочих характеристик литий-ионных аккумуляторов для электромобилей.

Примечание 2 — По согласованию между изготовителем и заказчиком условия испытаний, установленные в настоящем стандарте, могут быть дополнены. Установленные условия испытаний приведены в приложении А.

Примечание 3 — Проведение испытаний для получения рабочих характеристик литий-ионных аккумуляторных батарей может осуществляться со ссылкой на данный стандарт.

Примечание 4 — Технические требования к испытаниям литий-ионных аккумуляторных батарей и систем определены в [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения).

ISO/TR 8713, Electrically propelled road vehicles — Vocabulary (Дорожно-транспортные средства с электроприводом. Словарь)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO/TR 8713, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru

3.1 **аккумуляторный электромобиль;** ЭМА (battery electric vehicle; BEV): Транспортное средство, для движения которого используется электрическая энергия от единственного бортового источника — аккумуляторной батареи.

3.2 **гибридный электромобиль;** ЭМГ (hybrid electric vehicle; HEV): Транспортное средство, для движения которого используется энергия от двух бортовых источников: аккумуляторной батареи и источника, работающего на топливе.

3.3 **нормированная емкость C_n** (rated capacity C_n): Количество электричества в ампер-часах, определяемое в установленных условиях и заявленное изготовителем аккумуляторов.

Примечание 1 — Значение n в C_n — продолжительность режима полного разряда, ч. В настоящем стандарте n = 3 для ЭМА и n = 1 — для ЭМГ, если не установлены другие требования.

3.4 **базовый ток испытания I_t** (reference test current I_t): Ток в амперах, вычисляемый по формуле: $I_t = C_n/1$.

Примечание 1 — «1» имеет размерность времени в часах, ч.

Примечание 2 — См. [4], раздел 2.

3.5 **комнатная температура** (room temperature): Температура (25 ± 2) °С.

3.6 **литий-ионный аккумулятор** (secondary lithium-ion cell): Аккумулятор, электрическая энергия в котором образуется в результате реакций внедрения и экстракции ионов лития между анодом и катодом.

Примечание 1 — Аккумулятор — это базовое промышленно выпускаемое устройство, которое является источником электрической энергии тока, получаемой прямым преобразованием химической энергии. Аккумулятор состоит из электродов, сепаратора, электролита, корпуса и клемм, и его конструкция позволяет заряжать его с помощью электрической энергии.

3.7 **степень заряженности;** СЗ (state of charge; SOC): Емкость, имеющаяся в аккумуляторе, выраженная в процентах от значения нормированной емкости.

3.8 **сохраняемость заряда** (charge retention): Способность аккумулятора сохранять емкость при разомкнутой цепи при определенных условиях хранения.

4 Условия испытаний

4.1 Общие требования

Данные об используемых приборах и инструментах фиксируют в протоколах испытаний.

Испытания и измерения следует проводить с соблюдением соответствующих требований безопасности, чтобы предотвратить короткое замыкание.

Примечание — Испытания образца и измерения на нем допускается проводить в закрепленном состоянии, рекомендованном изготовителем аккумулятора.

4.2 Измерительные приборы

4.2.1 Диапазон измерения приборов

Приборы должны соответствовать измеряемым значениям напряжения и тока. Диапазон измерений приборов и методы измерений должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить точность, установленную для каждого испытания.

Для аналоговых приборов показания следует считывать с последней трети шкалы.

Допускается использовать любые другие измерительные приборы, если они обеспечивают требуемую точность измерений.

4.2.2 Измерение напряжения

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть не менее 1 МОм/В.

4.2.3 Измерение тока

Система амперметр—шунт—провода должна иметь класс точности 0,5 или выше.

4.2.4 Измерение температуры

Прибор должен обеспечивать измерение температуры на поверхности аккумулятора. Диапазон и точность измерения прибора должны соответствовать требованиям 4.2.1. Температуру следует изме-

рять в месте, которое наиболее точно отражает температуру аккумулятора. При необходимости температура может быть дополнительно измерена в других местах.

Примеры измерения температуры приведены на рисунке 1. Измерение температуры необходимо проводить в соответствии с инструкцией изготовителя.

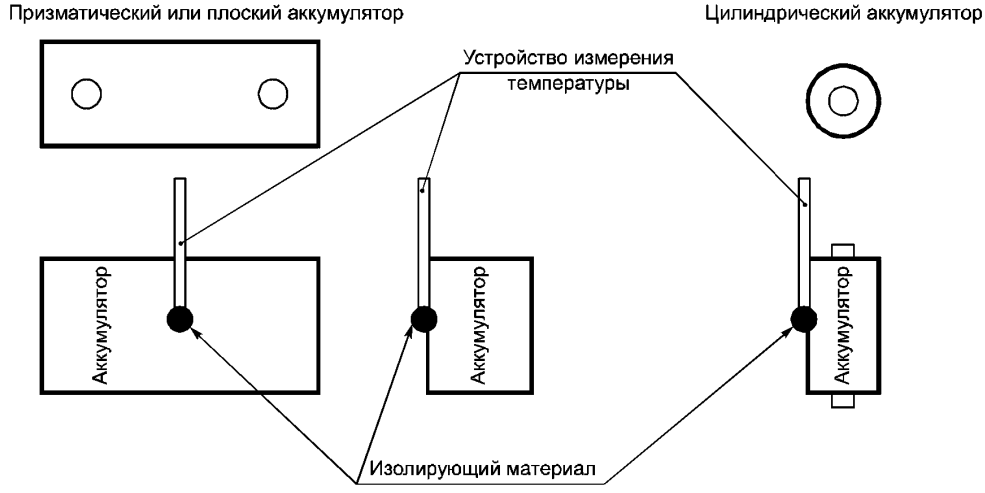


Рисунок 1 — Примеры измерения температуры аккумуляторов

4.2.5 Измерение других характеристик

Дополнительно могут быть определены другие характеристики с применением соответствующих измерительных приборов с учетом требований 4.3.

4.3 Погрешность измерений

Суммарная погрешность результатов измерений не должна превышать следующих пределов:

a) ±0,1 % для напряжения;
b) ±1 % для тока;
c) ±2 °C для температуры;
d) ±0,1 % для времени;
e) ±0,1 % для массы;
f) ±0,1 % для размеров.

Указанные пределы включают в себя погрешности средств измерений, метода измерений, а также все остальные источники погрешности, обусловленные процедурой испытания.

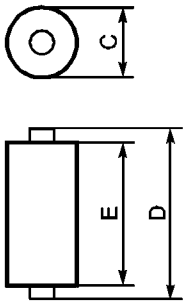
4.4 Тепловая стабилизация

Для стабилизации температуры аккумулятор выдерживают при требуемой температуре не менее 12 ч. Допускается сокращение времени стабилизации температуры при условии, что температура аккумулятора за 1 ч изменится менее чем на 1 °C.

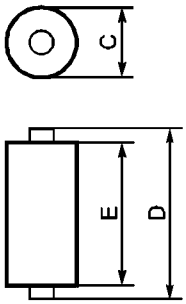
5 Измерение габаритных размеров

Максимальный размер общей ширины, толщины или диаметра и высоты аккумулятора следует измерять при комнатной температуре. Точность отсчета показаний при измерениях габаритных размеров аккумулятора должна составлять до трех значащих цифр с учетом требований 4.3.

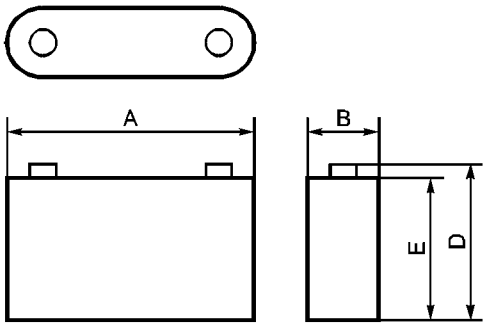
Примеры измерений габаритных размеров аккумуляторов приведены на рисунке 2.



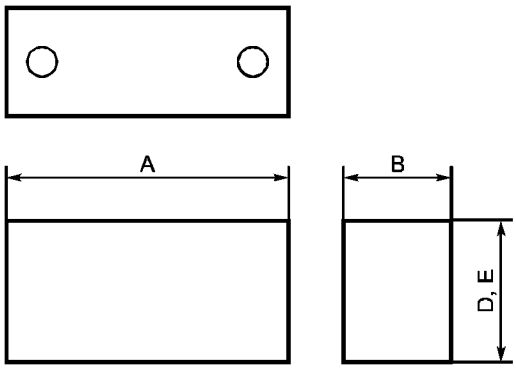
a) Цилиндрические аккумуляторы (1)



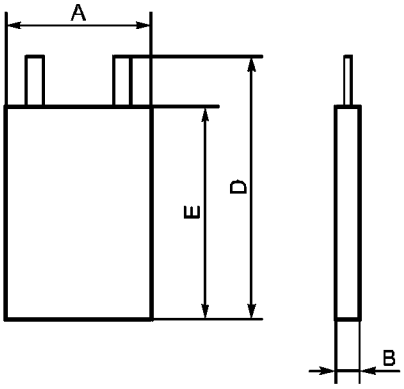
b) Цилиндрические аккумуляторы (2)



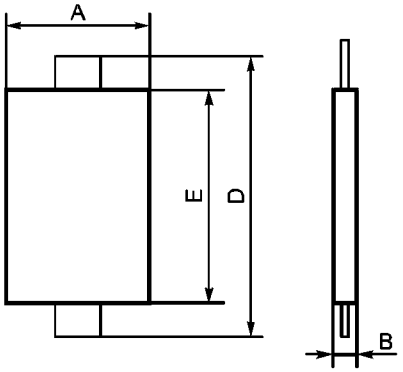
c) Призматические аккумуляторы (1)



d) Призматические аккумуляторы (2)



e) Призматические аккумуляторы
с корпусом из ламинированной пленки (1)



f) Призматические аккумуляторы
с корпусом из ламинированной пленки (2)

A — ширина; B — толщина; C — диаметр; D — общая длина (включая выводы); E — общая длина (без учета выводов)

Рисунок 2 — Примеры измерений габаритных размеров аккумуляторов

Примечание — Призматические аккумуляторы имеют жесткий металлический корпус или покрыты слоем гибкой ламинированной пленки. Призматический аккумулятор с ламинированной пленкой как правило называют пакетным аккумулятором.

Объем призматического аккумулятора вычисляют путем произведения его общей высоты, исключая выводы, общей ширины и общей толщины, а объем цилиндрического аккумулятора — произведением поперечного сечения цилиндра и его общей высоты, исключая выводы.

6 Измерение массы

Массу аккумулятора измеряют при комнатной температуре. Масса аккумулятора должна быть выражена не более чем тремя значащими цифрами с учетом требований 4.3.

7 Определение электрических характеристик

7.1 Общие положения

Измеряемые в процессе испытаний значения напряжения, тока и температуры должны быть зафиксированы в протоколах.

Перед каждым испытанием температура аккумулятора должна быть стабилизирована при комнатной температуре в соответствии с 4.4, если не установлены другие требования.

Температура окружающей среды должна соответствовать комнатной температуре, если не установлены другие требования.

7.2 Общие условия заряда

Если другие требования не установлены в настоящем стандарте, то до проведения испытаний по определению электрических характеристик, аккумулятор должен быть заряжен следующим образом.

До проведения заряда аккумулятор разряжают при комнатной температуре постоянным током, указанным в таблице 1, до конечного напряжения разряда, указанного изготовителем аккумулятора. Затем аккумулятор необходимо зарядить при комнатной температуре в соответствии с методом заряда, установленным изготовителем.

7.3 Емкость

Емкость аккумулятора измеряют следующим образом.

Этап 1. Аккумулятор заряжают в соответствии с 7.2.

После этого стабилизируют температуру аккумулятора в соответствии с 4.4.

Этап 2. Аккумулятор разряжают при заданной температуре постоянным током до конечного напряжения разряда, указанного изготовителем. Ток разряда и температура указаны в таблице 1.

В дополнение к таблице 1 конкретные условия испытаний могут быть выбраны на основе соглашения между изготовителем аккумулятора и потребителем. Условия испытаний приведены в таблице А.1 (приложение А).

Таблица 1 — Условия разряда

Температура аккумулятора, °С	Ток разряда, А	
	Аккумулятор для ЭМА	Аккумулятор для ЭМГ
0	1/3 I_t	1 I_t
25		
45		

Этап 3. Измеряют продолжительность разряда до достижения указанного конечного напряжения и рассчитывают емкость аккумулятора, А · ч, с точностью до трех значащих цифр путем умножения значения тока разряда, А, на продолжительность разряда, ч.

7.4 Корректировка степени заряженности

Приведение степени заряженности аккумулятора в соответствующее состояние является подготовительной процедурой перед испытаниями, требующими различной СЗ. Аккумуляторы для данных испытаний должны быть заряжены, как указано ниже, если не установлены другие требования.

Этап 1. Аккумулятор заряжают в соответствии с 7.2.

Этап 2. Стабилизируют температуру аккумулятора до комнатной температуры в соответствии с 4.4.

Этап 3. Аккумулятор разряжают постоянным током в соответствии с таблицей 1 в течение:
- (100 – *n*)/100 · 3 ч в случае аккумулятора, предназначенного для применения в ЭМА;
- (100 – *n*)/100 · 1 ч в случае аккумулятора, предназначенного для применения в ЭМГ,

где *n* — СЗ, требуемая для соответствующего испытания, %.

7.5 Мощность

7.5.1 Общие положения

Испытание проводят с целью определения характеристик мощности аккумулятора в репрезентативных условиях использования в приложениях ЭМА и ЭМГ.

На основании испытания по определению вольт-амперной характеристики (ВАХ) в 7.5.2 в соответствии с 7.5.3 и 7.5.4 должны быть рассчитаны плотность мощности и плотность мощности рекуперации аккумулятора, соответственно.

Плотность мощности и плотность мощности рекуперации должны быть рассчитаны и указаны для каждой комбинации СЗ и температуры в 7.5.2.

7.5.2 Порядок проведения испытаний

Испытания следует проводить в следующем порядке.

a) Измерение массы

Массу аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 6.

b) Измерение габаритных размеров

Размеры аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 5.

c) Корректировка СЗ и температуры

Испытание в 7.5.2 d) проводят при каждой комбинации СЗ и температуры аккумулятора в начале испытания, как указано в таблице 2, в соответствии с процедурой, установленной изготовителем аккумулятора.

СЗ должна быть установлена в соответствии с 7.4.

Таблица 2 — Условия СЗ и температуры при испытании мощности

СЗ, %	Температура аккумулятора, °С			
20	25			
50	−20	0	25	40
80	25			

Примечание — Условия установленных испытаний приведены в таблице А.2 (приложение А).

d) Определение ВАХ

Разряжают аккумулятор в течение 10 с максимальным током разряда (I_{dmax}), указанным изготовителем аккумулятора, и измеряют напряжение в конце импульса 10 с (U_d).

Заряжают аккумулятор в течение 10 с максимальным током заряда (I_{cmax}), указанным изготовителем аккумулятора, и измеряют напряжение в конце импульса 10 с (U_c).

Значения I_{dmax} и I_{cmax} могут изменяться в зависимости от СЗ, температуры испытания и от того, находится аккумулятор в заряженном или разряженном состоянии.

Следует учитывать предельные значения тока и напряжения заряда и разряда при низкой температуре, установленные изготовителем аккумулятора.

В случае, если I_{dmax} и I_{cmax} не могут быть реализованы, значение тока может быть получено в соответствии с испытанием в приложении С.

7.5.3 Расчет удельной мощности

7.5.3.1 Расчет мощности

Мощность P_d, Вт, вычисляют по формуле (1) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$P_d = U_d \cdot I_{dmax}, \quad (1)$$

где U_d — напряжение, измеренное в конце десятисекундного импульса при максимальном токе разряда, В;

I_{dmax} — максимальный ток разряда, указанный изготовителем аккумулятора, А.

Если P_d имеет оценочное значение, то это должно быть указано.

7.5.3.2 Расчет удельной мощности по массе

Удельную мощность по массе ρ_{pd}, Вт/кг, вычисляют по формуле (2) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$\rho_{pd} = \frac{P_d}{m}, \quad (2)$$

где P_d — мощность, Вт;

m — масса аккумулятора, кг.

7.5.3.3 Расчет удельной мощности по объему

Удельную мощность по объему ρ_{pvlm}, Вт/л, вычисляют по формуле (3) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$\rho_{pvlm} = \frac{P_d}{V}, \quad (3)$$

где P_d — мощность, Вт;

V — объем аккумулятора, л.

7.5.4 Расчет удельной мощности рекуперации

7.5.4.1 Расчет мощности рекуперации

Мощность рекуперации P_c, Вт, вычисляют по формуле (4) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$P_c = U_c \cdot I_{cmax}, \quad (4)$$

где U_c — напряжение, измеренное в конце десятисекундного импульса при токе заряда I_{cmax}, В;

I_{cmax} — максимальный ток заряда, указанный изготовителем, А.

Если P_c имеет оценочное значение, то это должно быть указано.

7.5.4.2 Расчет удельной мощности рекуперации по массе

Удельную мощность рекуперации по массе ρ_{pc}, Вт/кг, вычисляют по формуле (5) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$\rho_{pc} = \frac{P_c}{m}, \quad (5)$$

где P_c — мощность рекуперации, Вт;

m — масса аккумулятора, кг.

7.5.4.3 Расчет удельной мощности рекуперации по объему

Удельную мощность рекуперации по объему ρ_{pvlmc}, Вт/л, вычисляют по формуле (6) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$\rho_{pvlmc} = \frac{P_c}{V}, \quad (6)$$

где P_c — мощность рекуперации, Вт;

V — объем аккумулятора, л.

7.6 Плотность энергии

7.6.1 Общие положения

Испытание проводят с целью определения плотности энергии, которая может быть получена от аккумулятора при типичных условиях использования в приложениях ЭМА и ЭМГ.

Плотность энергии аккумулятора рассчитывают в соответствии с 7.6.3 на основании испытания 7.6.2.

7.6.2 Порядок проведения испытаний

Удельную энергию по массе в ватт-часах на килограмм и удельную энергию по объему в ватт-часах на литр при разряде током 1/3 I_t для аккумулятора ЭМА и 1 I_t для аккумулятора ЭМГ определяют в следующем порядке.

а) Измерение массы

Массу аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 6.

b) Измерение габаритных размеров

Размеры аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 5.

c) Измерение емкости

Емкость аккумулятора определяют в соответствии с 7.3 при комнатной температуре.

d) Расчет среднего напряжения

Значение среднего напряжения во время разряда в испытаниях по определению емкости должно быть получено путем интегрирования напряжения разряда по времени и деления результата на продолжительность разряда. В упрощенном порядке среднее напряжение рассчитывают следующим образом: напряжение разряда измеряют каждые 5 с от момента начала испытания (U_1, U_2, ..., U_n); значение напряжения, полученное менее чем за 5 с до конца разряда, в расчет не включают. Среднее напряжение U_{avr} вычисляют по формуле (7) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$U_{avr} = \frac{U_1 + U_2 + ... + U_n}{n}. \quad (7)$$

7.6.3 Расчет удельной энергии

7.6.3.1 Расчет удельной энергии по массе

Удельную энергию по массе ρ_{ed}, Вт · ч/кг, вычисляют по формулам (8) и (9) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$W_{ed} = C_d U_{avr}, \quad (8)$$

где W_{ed} — электрическая энергия аккумулятора, отданная при разряде в установленных условиях при комнатной температуре, Вт · ч;

C_d — разрядная емкость при токе разряда 1/3 I_t для аккумулятора ЭМА и 1 I_t для аккумулятора ЭМГ, А · ч;

U_{avr} — среднее напряжение разряда, В.

$$\rho_{ed} = \frac{W_{ed}}{m}, \quad (9)$$

где W_{ed} — электрическая энергия аккумулятора, Вт · ч;

m — масса аккумулятора, кг.

7.6.3.2 Расчет удельной энергии по объему

Удельную энергию по объему ρ_{evlmd}, Вт · ч/л, вычисляют по формуле (10) и результат округляют до трех значащих цифр:

$$\rho_{evlmd} = \frac{W_{ed}}{V}, \quad (10)$$

где W_{ed} — электрическая энергия аккумулятора, отданная при разряде в установленных условиях при комнатной температуре, Вт · ч;

V — объем аккумулятора, л.

7.7 Испытания на хранение

7.7.1 Общие положения

Испытание проводят с целью определения характеристик сохранения емкости аккумулятора, находящегося на хранении или в неиспользуемом состоянии; состоит из испытания на сохраняемость заряда, установленного в 7.7.2 и испытания на срок сохраняемости, установленного в 7.7.3.

7.7.2 Испытание на сохраняемость заряда

Испытание предназначено для определения характеристик сохраняемости заряда аккумулятора при хранении, включая транспортирование.

Характеристики сохраняемости заряда аккумулятора при степени заряженности 50 % определяют в следующем порядке.

Этап 1. Аккумулятор заряжают в соответствии с 7.2.

Этап 2. Аккумулятор разряжают до СЗ 50 % в соответствии с 7.4. Затем аккумулятор стабилизируют до комнатной температуры испытаний в течение 1 ч.

Примечание — Значение СЗ может быть изменено в соответствии с соглашением между заказчиком и изготовителем аккумулятора.

Этап 3. Аккумулятор при комнатной температуре разряжают до конечного напряжения разряда током 1/3 I_t для аккумулятора ЭМА и 1 I_t для аккумулятора ЭМГ. Фиксируют начальную разрядную емкость C_b.

Этап 4. Повторяют этапы 1 и 2 один раз.

Этап 5. Оставляют аккумулятор на хранение в течение 28 сут при температуре окружающей среды 45 °С.

Этап 6. По окончании этапа 5 аккумулятор стабилизируют при комнатной температуре по 4.4, затем разряжают до конечного напряжения разряда постоянным током 1/3 I_t для аккумулятора ЭМА и 1 I_t для аккумулятора ЭМГ. Фиксируют остаточную разрядную емкость C_r.

Сохраняемость заряда R, %, вычисляют по формуле

$$R = \frac{C_r}{C_b} \cdot 100, \quad (11)$$

где C_r — емкость аккумулятора после хранения, А · ч;

C_b — емкость аккумулятор до постановки на хранение, А · ч.

7.7.3 Испытание на срок сохраняемости

Испытание проводят с целью определения характеристик деградации аккумуляторов при хранении или в неиспользуемом состоянии для приложений ЭМА и ЭМГ.

Срок сохраняемости аккумуляторов определяют в следующем порядке.

Этап 1. Определяют емкость, удельную мощность и удельную мощность рекуперации аккумулятора в соответствии с 7.2, 7.3 и 7.5.

Этап 2. Доводят СЗ до 100 % для аккумулятора ЭМА и до 50 % для аккумулятора ЭМГ в соответствии с 7.4. Аккумулятор оставляют на хранение в течение 42 сут при температуре окружающей среды 45 °С.

Этап 3. После выполнения этапа 2 аккумулятор стабилизируют до комнатной температуры в соответствии с 4.4 и подвергают разряду постоянным током 1/3 I_t для аккумулятора ЭМА и 1 I_t для аккумулятора ЭМГ до конечного напряжения разряда, указанного изготовителем. Фиксируют емкость аккумулятора в ампер-часах. Полученное значение является сохраненной емкостью, А · ч. Должны быть также измерены значения удельной мощности и удельной мощности рекуперации.

Этап 4. Повторяют поочередно этапы 2 и 3 три раза.

В протоколе испытаний приводят значения емкости, удельной мощности, удельной мощности рекуперации и сохраненной емкости, полученные на этапах 1 и 3.

Если аккумулятор в перерывах между испытаниями будет находиться при комнатной температуре, то необходимо привести в соответствие время испытания, а общее время перерывов зафиксировать в протоколе испытаний.

7.8 Ресурсные испытания (циклический режим)

7.8.1 Общие положения

Испытание проводят с целью определения изменения характеристик аккумуляторов при зарядно-разрядном циклировании, характерном при нормальном использовании в условиях приложений ЭМА и ЭМГ.

Характеристики при циклировании аккумуляторов для применения ЭМА и ЭМГ следует определять в соответствии с 7.8.2 и 7.8.3.

Последовательность проведения ресурсных испытаний приведена в приложении В.

Примечание — Установленные условия испытаний приведены в таблице А.3 (приложение А).

7.8.2 Циклирование аккумуляторов для ЭМА

7.8.2.1 Измерение исходных рабочих характеристик

Перед циклированием измеряют следующие характеристики аккумулятора: емкость, динамическую разрядную емкость и мощность, как начальные характеристики аккумулятора.

Емкость.

Определяют емкость в соответствии с 7.3 при температуре 25 °С.

Динамическая разрядная емкость C_D.

Динамическую разрядную емкость C_D измеряют при температуре 25 °С и 45 °С.

Динамическую разрядную емкость определяют интегрированием по времени текущих значений тока заряда и разряда, подтвержденных следующими испытаниями: разряжают полностью заряженный

аккумулятор повторяющимися разрядами в соответствии с параметрами динамического разрядного профиля А, приведенного в таблице 3 и на рисунке 3, пока напряжение не достигнет нижнего предела, указанного изготовителем аккумулятора.

Мощность.

Определяют мощность в соответствии с 7.5 при температуре 25 °С и СЗ 50 %.

7.8.2.2 Зарядно-разрядный цикл

Циклирование проводят в следующем порядке:

a) в начале испытания температура аккумулятора должна составлять 45 °С. Температура окружающей среды должна составлять 45 °С;

b) этапы испытаний

Процедуру от этапа 1 до этапа 5 следует непрерывно повторять в течение 28 сут. Между этапами может быть установлено время выдержки менее 4 ч. Затем определяют рабочие характеристики аккумуляторов в соответствии с перечислением c) настоящего подпункта. Данную процедуру повторяют до наступления условий завершения испытаний в соответствии с перечислением d) настоящего подпункта.

Этап 1. Аккумулятор полностью разряжают в соответствии с методом, установленным изготовителем аккумулятора.

Этап 2. Аккумулятор полностью заряжают в соответствии с методом, установленным изготовителем аккумулятора. Продолжительность заряда должна составлять не более 12 ч.

Этап 3. Разряжают аккумулятор динамическим разрядом в соответствии с профилем А, заданным в таблице 3 и на рисунке 3, до емкости, равной (50 ± 5) % исходной динамической разрядной емкости C_D при температуре 45 °С.

Если на этапе 3 напряжение достигнет нижнего предела, указанного изготовителем, испытание должно быть прекращено, несмотря на указание в перечислении d) настоящего подпункта, после чего определяют рабочие характеристики аккумулятора в соответствии с перечислением c) настоящего подпункта.

Если на этапе 3 температура аккумулятора достигает верхнего предела, указанного изготовителем, продолжительность шага 20 испытаний по таблице 3 может быть увеличена на необходимое значение. Фактическая продолжительность должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Если во время шага заряда по таблице 3 напряжение достигает максимального предела, указанного изготовителем аккумулятора, то до завершения этого шага следует применить заряд при постоянном напряжении при максимальном указанном напряжении.

Мощность P_{max}, Вт, вычисляют по формуле

$$P_{max} = NW_{ed}, \quad (12)$$

где N — значение требуемой максимальной мощности аккумулятора, Вт, деленное на значение энергии аккумулятора, Вт · ч, имеющее размерность 1/ч.

Примечание — Например, в соответствии с техническими требованиями к коммерциализированным ЭМА принимается значение N = 3/ч;

W_{ed} — электрическая энергия аккумулятора при разряде в установленных условиях при комнатной температуре, Вт · ч.

Если значение, полученное по формуле (12), больше максимального значения мощности аккумулятора, указанного изготовителем, то значение мощности определяют как 80 % от максимального значения мощности при комнатной температуре и при 20 % СЗ, указанной изготовителем аккумулятора. Фактическое значение мощности должно быть зафиксировано в протоколе испытаний.

Таблица 3 — Динамический разрядный профиль А циклирования аккумуляторов для ЭМА

Шаг испытания	Продолжительность, с	Относительная мощность испытания, %	Заряд/разряд
1	16	0,0	—
2	28	+12,5	Разряд
3	12	+25,0	Разряд
4	8	–12,5	Заряд

Окончание таблицы 3

Шаг испытания	Продолжительность, с	Относительная мощность испытания, %	Заряд/разряд
5	16	0,0	—
6	24	+12,5	Разряд
7	12	+25,0	Разряд
8	8	–12,5	Заряд
9	16	0,0	—
10	24	+12,5	Разряд
11	12	+25,0	Разряд
12	8	–12,5	Заряд
13	16	0,0	—
14	36	+12,5	Разряд
15	8	+100,0	Разряд
16	24	+62,5	Разряд
17	8	–25,0	Заряд
18	32	+25,0	Разряд
19	8	–50,0	Заряд
20	44	0,0	—

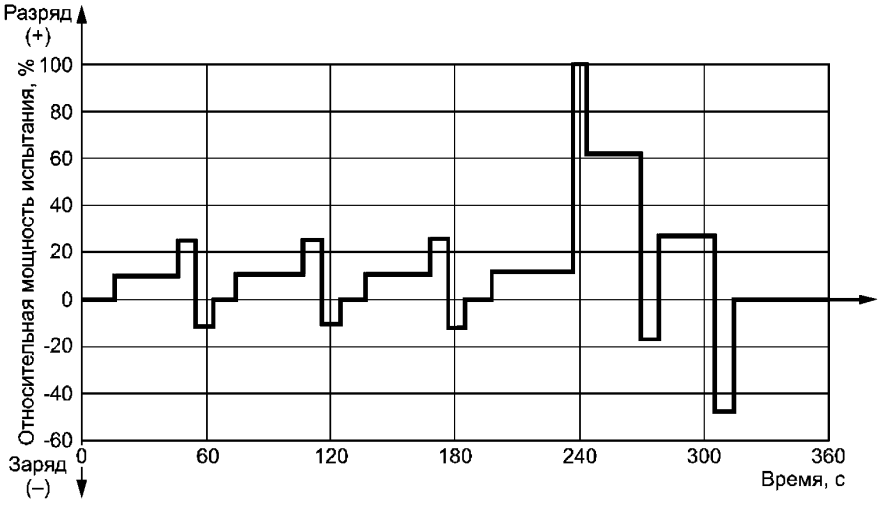


Рисунок 3 — Динамический разрядный профиль А циклирования аккумуляторов для ЭМА

Этап 4. Разряжают аккумулятор динамическим разрядом в соответствии с профилем В (движение на подъем), заданным в таблице 4 и на рисунке 4, однократно. Значение мощности аккумулятора вычисляют по формуле (12).

Если на этапе 4 напряжение достигнет нижнего предела, указанного изготовителем аккумуляторов, испытание должно быть прекращено, несмотря на указание в перечислении d) настоящего подпункта, после чего определяют рабочие характеристики аккумулятора в соответствии с перечислением c) настоящего подпункта.

Если напряжение аккумуляторов во время разряда на шаге 16 испытания неоднократно достигает нижнего предела напряжения, то мощность разряда и продолжительность могут быть соответствующим образом изменены. Фактические значения мощности и продолжительности должны быть зафиксированы в протоколе испытаний.

Таблица 4 — Динамический разрядный профиль B циклирования аккумуляторов для ЭМА

Шаг испытания	Продолжительность, с	Относительная мощность испытания, %	Заряд/разряд
1	16	0,0	—
2	28	+12,5	Разряд
3	12	+25,0	Разряд
4	8	–12,5	Заряд
5	16	0,0	—
6	24	+12,5	Разряд
7	12	+25,0	Разряд
8	8	–12,5	Заряд
9	16	0,0	—
10	24	+12,5	Разряд
11	12	+25,0	Разряд
12	8	–12,5	Заряд
13	16	0,0	—
14	36	+12,5	Разряд
15	8	+100,0	Разряд
16	120	+62,5	Разряд
17	8	–25,0	Заряд
18	32	+25,0	Разряд
19	8	–50,0	Заряд
20	44	0,0	—

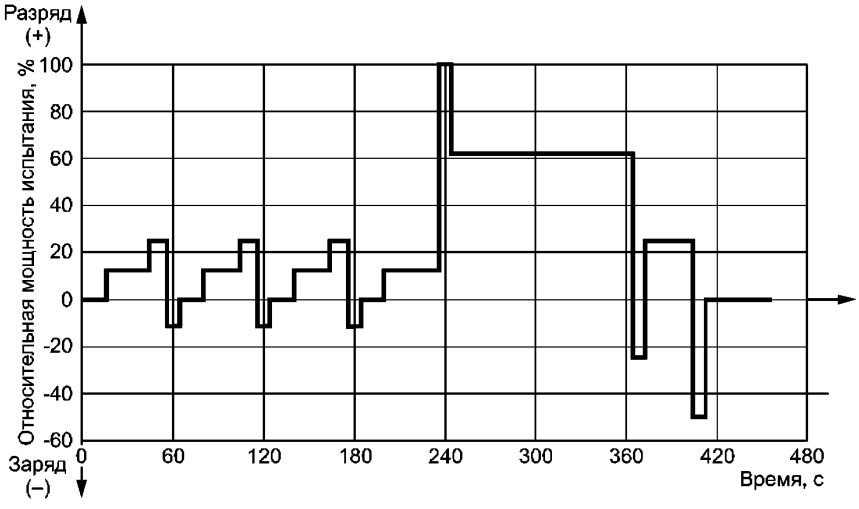


Рисунок 4 — Динамический разрядный профиль B циклирования аккумуляторов для ЭМА

Этап 5. Разряжают аккумулятор динамическим разрядом в соответствии с профилем А, заданным в таблице 3 и на рисунке 3, до достижения суммарной емкости, включая этапы 3 и 4, равной 80 % от исходной динамической разрядной емкости C_D при температуре 45 °С.

Если на этапе 5 температура аккумулятора достигает верхнего предела, указанного изготовителем, то продолжительность шага 20 испытаний по таблице 3 может быть увеличена на необходимое значение. Фактическая продолжительность должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Если на этапе 5 напряжение достигнет нижнего предела, указанного изготовителем аккумулятора, то испытание должно быть прекращено, несмотря на указание в перечислении d) настоящего подпункта, после чего определяют рабочие характеристики аккумулятора в соответствии с перечислением c) настоящего подпункта.

c) Периодическое измерение рабочих характеристик

После завершения каждого цикла, включающего в себя повторяющиеся прохождения этапов 1—5 в течение 28 сут, определяют рабочие характеристики аккумуляторов в соответствии с 7.8.2.1. Суммарное время циклирования на этапах 1—4 по перечислению b) настоящего подпункта фиксируют в протоколе испытаний. Динамическую разрядную емкость измеряют только при температуре 25 °С.

d) Завершение испытаний

Испытания завершают при выполнении одного из нижеперечисленных условий. В противном случае следует вернуться к перечислению a) настоящего подпункта и продолжить испытания.

Условие А: испытания по перечислениям a)—c) настоящего подпункта проведены шесть раз.

Условие В: значение любого из показателей, измеряемых в соответствии с перечислением c) настоящего подпункта, составило менее 80 % от исходного значения.

Условие С: температура аккумулятора во время испытания достигла верхнего предела, согласованного между изготовителем аккумулятора и потребителем.

Число циклов, выполненных в ходе испытаний, должно быть зафиксировано в протоколе испытаний.

7.8.3 Циклирование аккумуляторов для ЭМГ

7.8.3.1 Измерение исходных рабочих характеристик

Перед циклированием измеряют емкость и мощность аккумулятора.

Емкость.

Определяют емкость в соответствии с 7.3 при температуре 25 °С.

Мощность.

Определяют мощность в соответствии с 7.5 при температуре 25 °С и СЗ 50 %.

7.8.3.2 Напряжение переключения рабочих профилей

Перед ресурсными испытаниями устанавливают значения напряжения, при которых должны происходить переключения профиля с преобладающим разрядом (ППР) и профиля с преобладающим зарядом (ППЗ), описанных в перечислении c) 7.8.3.3.

a) Напряжение переключения с ППР на ППЗ

Доводят степень заряженности аккумулятора до 30 % в соответствии с 7.4 и проводят однократно циклирование в режиме ППР при температуре 45 °С. Минимальное значение напряжения, достигнутое во время этого испытания, является напряжением переключения с ППР на ППЗ. Если достигнутое минимальное значение напряжения будет меньше нижнего предела напряжения, указанного изготовителем аккумулятора, то напряжение переключения должно соответствовать нижнему пределу напряжения, указанному изготовителем аккумулятора. При необходимости учитывают также степень заряженности аккумулятора, рекомендованную изготовителем.

b) Напряжение переключения с ППЗ на ППР

Доводят СЗ аккумулятора до 80 % в соответствии с 7.4 и проводят однократно циклирование в режиме ППЗ при температуре 45 °С. Максимальное значение напряжения, достигнутое во время этого испытания, является напряжением переключения с ППЗ на ППР. Если достигнутое максимальное значение напряжения будет больше верхнего предела напряжения, указанного изготовителем аккумулятора, то значение напряжения переключения должно соответствовать верхнему пределу напряжения, указанному изготовителем аккумулятора. При необходимости учитывают также СЗ аккумулятора, рекомендованную изготовителем.

7.8.3.3 Зарядно-разрядный цикл

Циклирование проводят в следующем порядке:

a) Температура

Температура окружающей среды в процессе испытаний должна быть 45 °С, температура аккумуляторов в начале испытаний — 45 °С;

b) Корректировка степени заряженности перед циклированием

Аккумуляторы выдерживают при температуре 45 °С и доводят СЗ до 80 % или до значения, согласованного изготовителем и потребителем, в течение 16—24 ч в соответствии с 7.4. Если значение СЗ отличается от 80 %, то его необходимо зафиксировать в протоколе испытаний;

c) Этапы испытаний

Процедуру последовательного выполнения этапов с 1 по 4, указанных ниже, повторяют до наступления условий завершения испытаний в соответствии с перечислением e) настоящего подпункта. В процессе испытаний периодически определяют рабочие характеристики аккумуляторов в соответствии с перечислением d) настоящего подпункта.

Если в процессе испытаний температура аккумулятора достигает верхнего предела, указанного изготовителем, продолжительность шага 16 испытаний по таблицам 5 и 6 может быть увеличена на необходимое значение. Фактическая продолжительность испытаний должна быть зафиксирована в протоколе.

Этап 1. Зарядно-разрядные циклы проводят в режиме ППР, заданном в таблице 5 и на рисунке 5, с повторением до тех пор, пока напряжение аккумулятора не достигнет значения напряжения переключения, установленного в соответствии с перечислением a) 7.8.3.2 (см. рисунок 7).

Этап 2. Зарядно-разрядные циклы проводят в режиме ППЗ, заданном в таблице 6 и на рисунке 6, с повторением до тех пор, пока напряжение аккумулятора не достигнет значения напряжения переключения, установленного в соответствии с перечислением b) 7.8.3.2 (см. рисунок 7).

Этап 3. Этапы 1 и 2 повторяют в течение 22 ч.

Этап 4. Аккумуляторы выдерживают в состоянии покоя в течение 2 ч.

Таблица 5 — ППР при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

Шаг испытания	Продолжительность, с	Ток I_1, А	Заряд/разряд
1	5	20,0	Разряд
2	10	10,0	Разряд
3	32	5,0	Разряд
4	20	0,0	—
5	5	–15,0	Заряд
6	10	–10,0	Заряд
7	37	–5,0	Заряд
8	20	0,0	—
9	5	15,0	Разряд
10	10	10,0	Разряд
11	37	5,0	Разряд
12	20	0,0	—
13	5	–12,5	Заряд
14	7	–7,5	Заряд
15	35	–5,0	Заряд
16	42	0,0	—

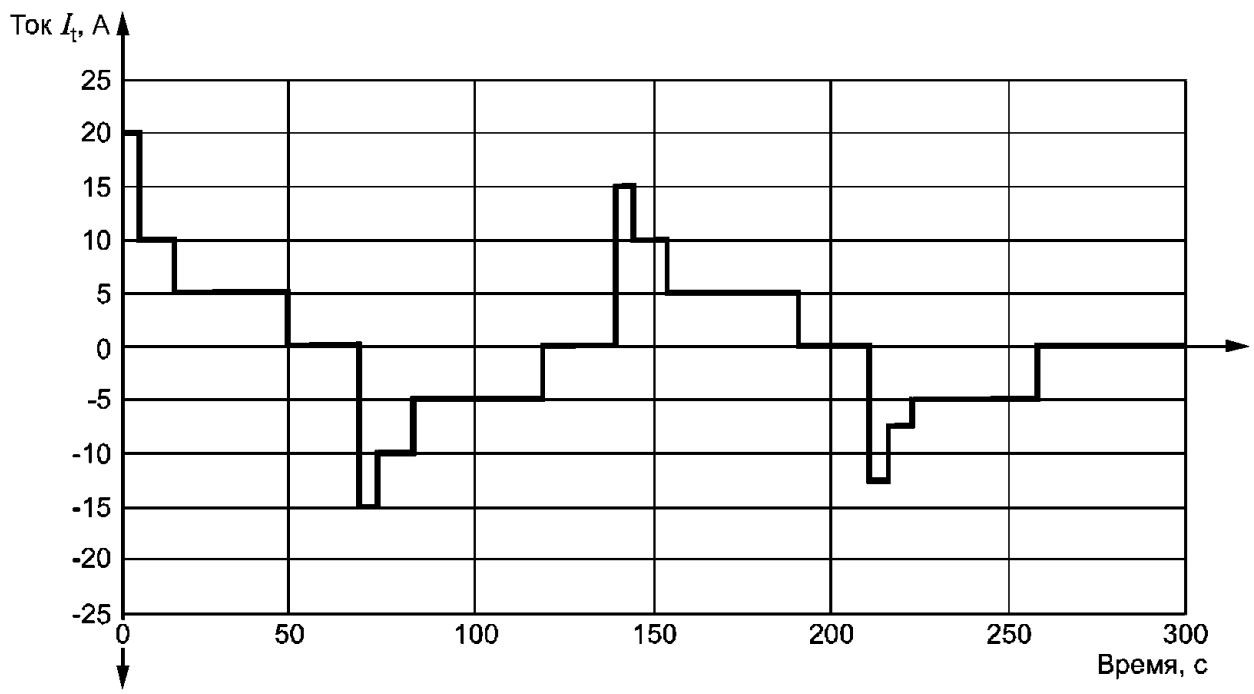


Рисунок 5 — ППР при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

Если значение максимального тока, указанное изготовителем, менее 20 I_t, то оно может быть применено на шаге 1 испытаний с соответственным изменением значения тока испытания на шаге 6 испытаний, которое в данном случае должно быть в два раза менее значения максимального тока, указанного изготовителем.

Таблица 6 — ППЗ при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

Шаг испытания	Продолжительность, с	Ток I_t, А	Заряд/разряд
1	5	–15,0	Заряд
2	10	–10,0	Заряд
3	37	–5,0	Заряд
4	20	0,0	—
5	5	20,0	Разряд
6	10	10,0	Разряд
7	32	5,0	Разряд
8	20	0,0	—
9	5	–12,5	Заряд
10	7	–7,5	Заряд
11	49	–5,0	Заряд
12	20	0,0	—
13	5	15,0	Разряд
14	10	10,0	Разряд
15	23	5,0	Разряд
16	42	0,0	—

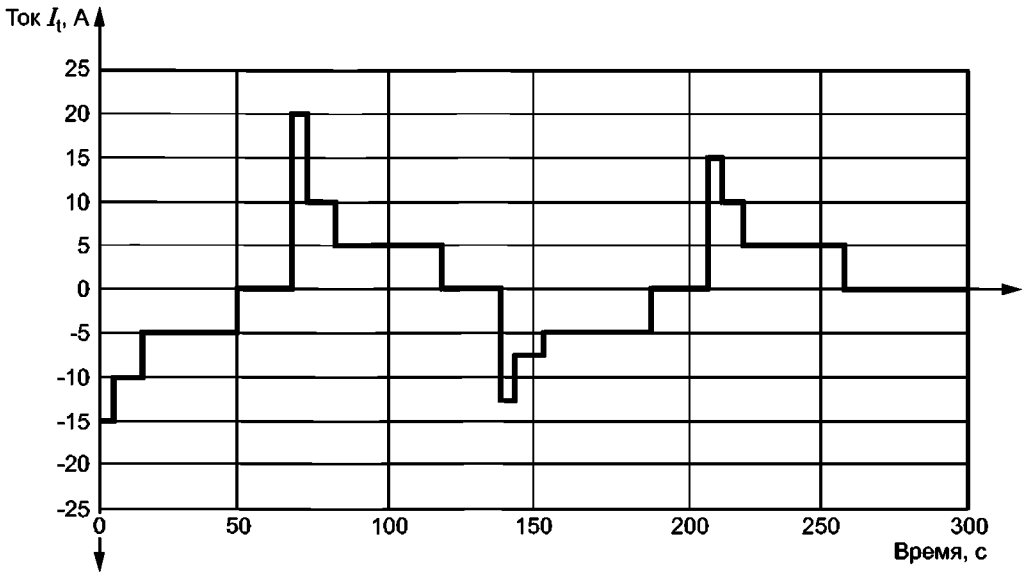


Рисунок 6 — ППЗ при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

Если значение максимального тока, указанное изготовителем, менее 20 I_t, то оно может быть применено на шаге 5 испытаний с соответственным изменением значения тока испытания на шаге 2 испытаний, которое в данном случае должно быть в два раза менее значения максимального тока, указанного изготовителем.

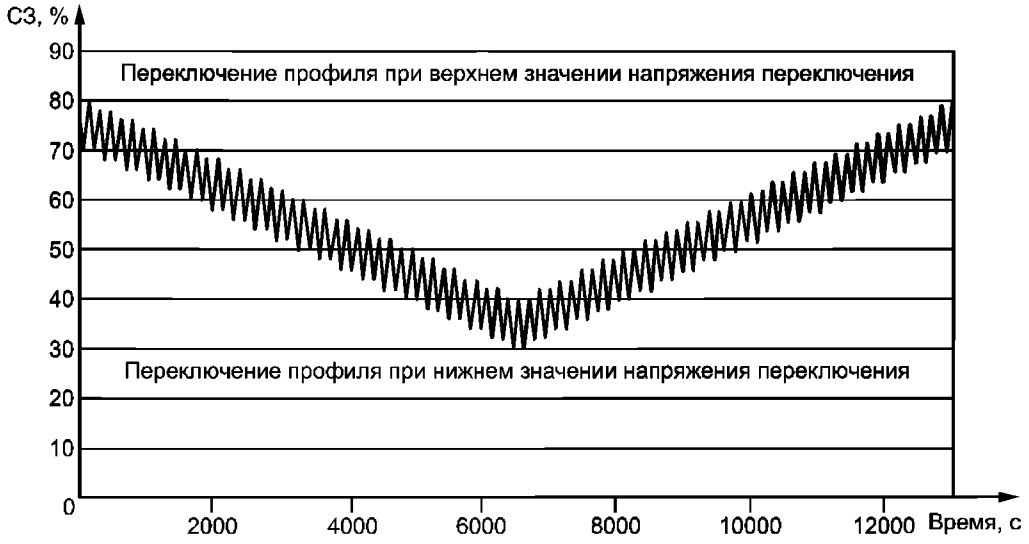


Рисунок 7 — Типичное колебание СЗ в режиме двух последовательных профилей при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

d) Периодическое измерение рабочих характеристик

После каждого выполнения процедуры от этапа 1 до этапа 4 в течение 7 сут измеряют мощность аккумулятора в соответствии с 7.8.3.1. Емкость аккумулятора измеряют каждые 14 сут, как указано в 7.8.3.1.

e) Завершение испытаний

Испытания завершают при выполнении одного из нижеуказанных условий. В противном случае следует вернуться к перечислению a) настоящего подпункта и повторить испытания.

Условие A: испытания по перечислению c) настоящего подпункта проводят в течение 6 мес.

Условие B: значение любого из показателей, измеряемых в соответствии с перечислением d) настоящего подпункта, составило менее 80 % от исходного значения.

Число циклов, выполненных в ходе испытаний, и то, что напряжение переключения достигнуто, фиксируют в протоколе испытаний.

7.9 Испытания на энергоэффективность

7.9.1 Общие положения

Испытание проводят с целью определения эффективности заряда аккумулятора в репрезентативных условиях использования в приложениях ЭМА или ЭМГ.

Для определения энергоэффективности аккумуляторов проводят общие испытания в соответствии с 7.9.2 и одно из двух испытаний, описанных в 7.9.3 и 7.9.4.

7.9.2 Общие испытания для приложений ЭМА и ЭМГ

7.9.2.1 Общие испытания при нормальных условиях

Испытание проводят с целью определения эффективности аккумулятора при нормальном заряде в репрезентативных условиях использования в приложениях ЭМА и ЭМГ.

Данные испытания проводят для аккумуляторов, используемых в ЭМА и ЭМГ. Применяют следующую процедуру:

a) Аккумулятор выдерживают при комнатной температуре в течение 1—4 ч после полного заряда. После этого приступают к испытанию.

b) Разряжают аккумулятор методом, указанным в 7.3, при комнатной температуре.

c) Определение энергоэффективности при СЗ 100 %:

1) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, затем заряжают до СЗ 100 % в соответствии с рекомендациями изготовителя;

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, затем разряжают в соответствии с 7.3 при комнатной температуре.

d) Определение энергоэффективности при СЗ 70 %:

1) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, затем заряжают до СЗ 70 % в соответствии с рекомендациями изготовителя аккумулятора;

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, затем разряжают в соответствии с 7.3 при комнатной температуре.

e) Расчет количества электричества при разряде и заряде

Количество электричества в процессе разряда и заряда Q, А · ч, допускается рассчитывать, используя следующий метод: выбирают значения токов разряда и заряда I с интервалом s секунд ($s \le 30$) от начала разряда и, соответственно, заряда; затем вычисляют количество электричества при разряде Q_d и количество электричества при заряде Q_c по формуле

$$Q = \frac{I_1 + I_2 + ... + I_n}{\frac{3600}{s}}, \quad (13)$$

где I_n — значение тока разряда или заряда в n-й точке измеренных интервалов, А.

f) Расчет электрической энергии разряда и заряда

Электрическую энергию в процессе разряда и заряда W, Вт · ч, допускается рассчитывать, используя следующий метод: выбирают значения тока разряда I и напряжения разряда U с интервалом s секунд ($s \le 30$) от начала разряда; затем повторяют аналогичные действия при заряде, после чего вычисляют электрическую энергию разряда W_d и электрическую энергию заряда W_c по формуле

$$W - \frac{I_1U_1 + I_2U_2 + ... + I_nU_n}{\frac{3600}{s}}, \quad (14)$$

где I_n — значение тока разряда или заряда в n-й точке измеренных интервалов, А;

U_n — значение напряжения разряда или заряда в n-й точке измеренных интервалов, В.

g) Расчет энергоэффективности

Определяют кулоновскую эффективность заряда η_c, %, по формуле (15) и энергоэффективность η_e, %, по формуле (16)

$$\eta_c = \frac{Q_d}{Q_c} \cdot 100, \quad (15)$$

где Q_d — количество электричества при разряде по перечислению e) настоящего подпункта, А · ч;

Q_c — количество электричества при заряде по перечислению e) настоящего подпункта, А · ч.

$$\eta_e = \frac{W_d}{W_c} \cdot 100, \quad (16)$$

где W_d — электрическая энергия разряда по перечислению f) настоящего подпункта, Вт · ч;

W_c — электрическая энергия заряда по перечислению f) настоящего подпункта, Вт · ч.

7.9.2.2 Температурные испытания

Испытание проводят с целью определения энергетической эффективности аккумулятора при нормальном заряде при различных температурных условиях.

Данные испытания проводят для аккумуляторов, используемых в ЭМА и ЭМГ. Применяют следующую процедуру.

Испытания проводят при следующих значениях температуры:минус 20 °С, 0 °С и 45 °С.

a) Аккумулятор полностью заряжают при комнатной температуре.

b) Выдерживают аккумулятор при температуре испытаний в течение 16—24 ч до выравнивания температур, после чего приступают к испытаниям.

c) Разряжают аккумулятор методом, указанным в 7.3, при каждом значении температуры испытаний.

d) Определение энергоэффективности при СЗ 100 %:

1) при каждом значении температуры испытаний аккумулятор выдерживают в состоянии покоя в течение 4 ч, затем заряжают до СЗ 100 % в соответствии с рекомендациями изготовителя;

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, затем разряжают в соответствии с 7.3.

e) Рассчитывают количество электричества при разряде и заряде по формуле (13).

f) Рассчитывают электрическую энергию разряда и заряда по формуле (14).

g) Рассчитывают кулоновскую эффективность заряда по формуле (15) и энергоэффективность по формуле (16).

Должны быть учтены ограничения заряда и разряда при низкой температуре, указанные изготовителем аккумуляторов.

7.9.3 Испытания аккумуляторов для ЭМА

Испытания проводят на аккумуляторах, используемых в ЭМА, с целью определения энергоэффективности в условиях быстрого заряда.

Испытания проводят в соответствии со следующей процедурой:

a) Аккумулятор выдерживают при комнатной температуре в течение 1—4 ч после полного заряда, после чего приступают к испытаниям.

b) Разряжают аккумулятор методом, указанным в 7.3.

c) Определение энергоэффективности при СЗ 80 %:

1) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, затем заряжают током 2 I_t до СЗ 80 %. Если значение напряжения достигнет верхнего предела, указанного изготовителем, процедуру заряда прекращают.

Примечание — Установленные условия испытаний приведены в таблице А.4 (приложение А).

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя более 4 ч до достижения им температуры испытаний, затем разряжают в соответствии с 7.3.

d) Вычисляют количество электричества при разряде и заряде по формуле (13).

e) Вычисляют электрическую энергию разряда и заряда по формуле (14).

f) Расчет энергоэффективности

Вычисляют кулоновскую эффективность заряда η_{c1}, %, по формуле (17) и энергоэффективность η_{e1}, %, по формуле (18)

$$\eta_{c1} = \frac{Q_{d1}}{Q_{c1}} \cdot 100, \quad (17)$$

где Q_{d1} — количество электричества при разряде по перечислению d) настоящего пункта, А · ч;

Q_{c1} — количество электричества при заряде по перечислению d) настоящего пункта, А · ч.

$$\eta_{e1} = \frac{W_{d1}}{W_{c1}} \cdot 100, \quad (18)$$

где W_{d1} — электрическая энергия разряда по перечислению e) настоящего пункта, Вт · ч;
W_{c1} — электрическая энергия заряда по перечислению e) настоящего пункта, Вт · ч.

7.9.4 Испытания аккумуляторов для ЭМГ

Испытания проводят на аккумуляторах, используемых в ЭМГ, с целью определения энергетической эффективности аккумулятора в репрезентативных условиях применения.

a) Расчет электрической энергии заряда и разряда

Рассчитывают электрическую энергию заряда и разряда по результатам испытаний, указанных в 7.5, по формулам (19) и (20). Рассчитанные значения округляют до трех значащих цифр.

Проводят выборку значений тока и напряжения через одинаковые промежутки времени в процессе зарядно-разрядных циклов, которые соответствуют зарядно-разрядным импульсам продолжительностью 10 I_t · 10 с. Используют стандартный интервал измерений 1 с. Если значение напряжения батареи после 10 с выходит за границы нижнего предела напряжения при разряде или верхнего предела напряжения при заряде, то испытания проводят при пониженном значении тока по таблице 1 и выбранное значение тока фиксируют в протоколе испытаний.

$$W_{c2} = \frac{I_{c1}U_{c1} + I_{c2}U_{c2} + \ldots + I_{cn}U_{cn}}{3600}, \tag{19}$$

где W_{c2} — электрическая энергия заряда, Вт · ч;
I_{cn} — значение тока заряда в n-й точке измеренных интервалов, А;
U_{cn} — значение напряжения заряда в n-й точке измеренных интервалов, В.

$$W_{d2} = \frac{I_{d1}U_{d1} + I_{d2}U_{d2} + \ldots + I_{dn}U_{dn}}{3600}, \tag{20}$$

где W_{d2} — электрическая энергия разряда, Вт · ч;
I_{dn} — значение тока разряда в n-й точке измеренных интервалов, А;
U_{dn} — значение напряжения разряда в n-й точке измеренных интервалов, В.

b) Расчет энергоэффективности

Энергоэффективность η_{e2}, %, вычисляют по формуле

$$\eta_{e2} = \frac{W_{d2}}{W_{c2}} \cdot 100, \tag{21}$$

где W_{d2} — электрическая энергия разряда, Вт · ч;
W_{c2} — электрическая энергия заряда, Вт · ч.

Приложение А
(справочное)

Обязательные и дополнительные условия испытаний

В настоящем приложении приведены обязательные и дополнительные условия испытаний для определения емкости по 7.3, мощности по 7.5, ресурса по 7.8 и энергоэффективности по 7.9.3.

Условия испытаний «r», указанные в таблицах А.1—А.4, установлены настоящим стандартом. Дополнительно, на основании соглашения между изготовителем и потребителем, могут быть выбраны условия испытаний «а», указанные в таблицах А.1—А.4.

Таблица А.1 — Условия испытаний для определения емкости

Приложение	Ток разряда, А	Температура аккумулятора, °С			
		–20	0	25	45
ЭМА	0,2 I_t	a	a	a	a
	1/3 I_t	a	r	r	r
	1 I_t	a	a	a	a
	5 I_t	a	a	a	a
ЭМГ	0,2 I_t	a	a	a	a
	1/3 I_t	a	a	a	a
	1 I_t	a	r	r	r
	10 I_t	a	a	a	a
	I_{dmax}	a	a	a	a

Если отклонение значения тока разряда при испытаниях от базовых значений (1/3 I_t для ЭМА и 1 I_t для ЭМГ) будет больше значений, указанных в таблице А.1, то данную информацию фиксируют в протоколе испытаний.

Таблица А.2 — Условия испытаний для определения мощности

Приложение	СЗ, %	Температура аккумулятора, °С			
		–20	0	25	40
ЭМА	20	a	a	r	a
	50	r	r	r	r
	80	a	a	r	a
ЭМГ	20	a	a	r	a
	50	r	r	r	r
	80	a	a	r	a

Таблица А.3 — Условия ресурсных испытаний

Приложение	Температура окружающей среды и аккумулятора, °С	
	25	45
ЭМА	a	r
ЭМГ	a	r

Таблица А.4 — Условия испытаний для определения энергоэффективности аккумуляторов для ЭМА

СЗ	Ток заряда	Условия испытания
80 %	2 I_t	r
По рекомендации изготовителя	По рекомендации изготовителя	a

Приложение В
(справочное)

Последовательность ресурсных испытаний

Настоящее приложение содержит последовательность проведения ресурсных испытаний по 7.8. Последовательность испытаний и концепция циклирования для аккумуляторов ЭМА приведены на рисунках В.1 и В.2. Последовательность испытаний для аккумуляторов ЭМГ показана в таблице В.1.

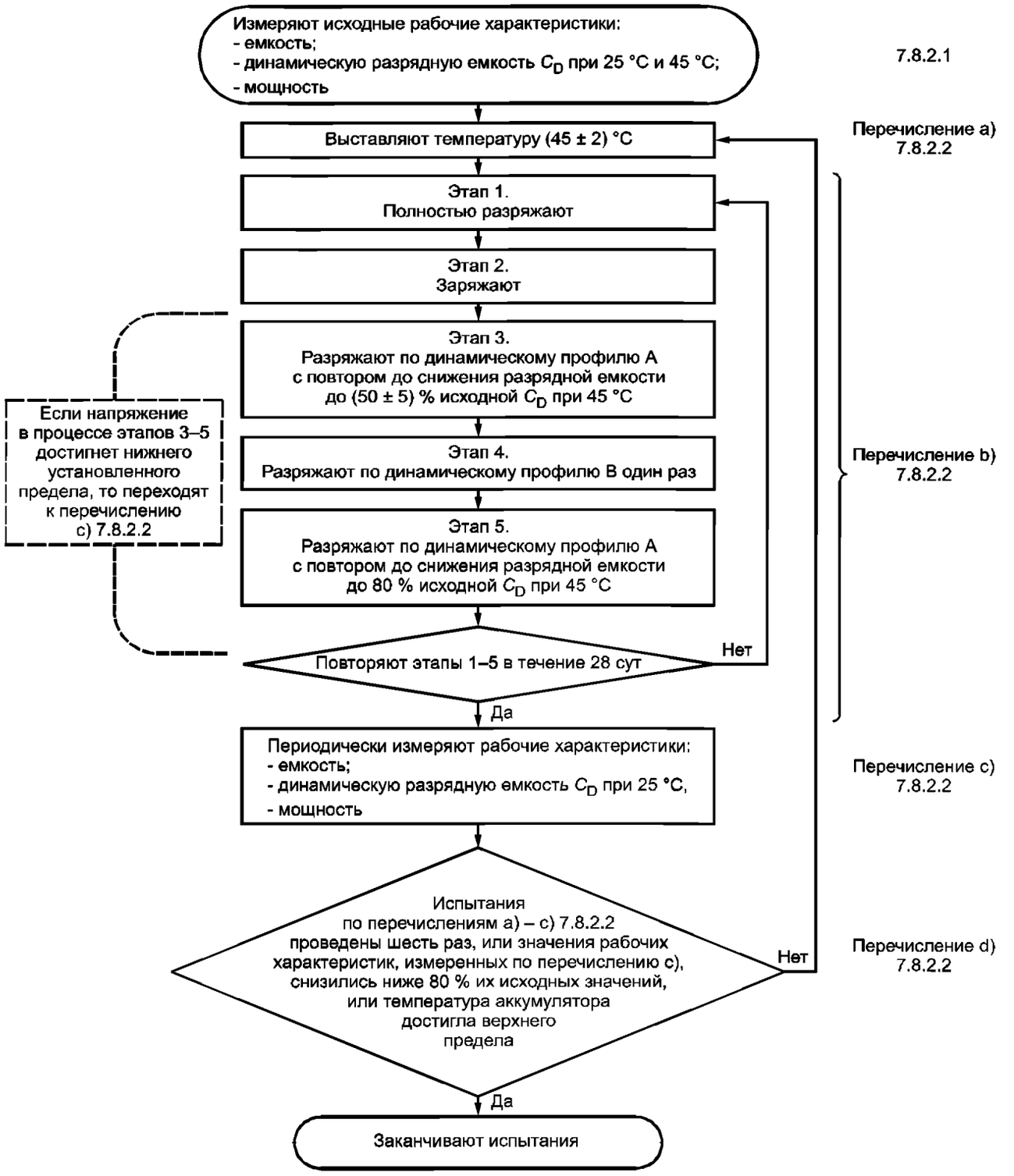


Рисунок В.1 — Последовательность испытаний при циклировании аккумуляторов для ЭМА

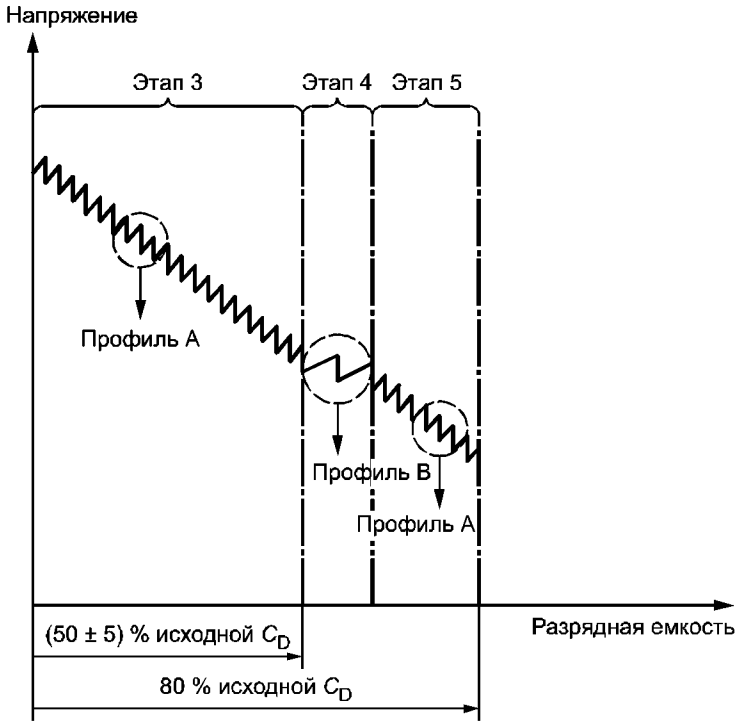


Рисунок В.2 — Концепция циклирования для аккумуляторов ЭМА

Таблица В.1 — Последовательность испытаний при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

Подпункт/ перечисление/этап		Процедура испытаний	Температура
7.8.3.1		Измеряют исходные рабочие характеристики: - емкость; - мощность	Комнатная температура
a) 7.8.3.2		Устанавливают значение напряжения переключения с ППР на ППЗ	45 °С
b) 7.8.3.2		Устанавливают значение напряжения переключения с ППЗ на ППР	
a) 7.8.3.3		Выставляют температуру 45 °С	45 °С
b) 7.8.3.3		Доводят степень заряженности до 80 %	
c) 7.8.3.3	Этап 1	Повторяют циклы в режиме ППР до достижения напряжения переключения, установленного по перечислению a) 7.8.3.2	
	Этап 2	Повторяют циклы в режиме ППЗ до достижения напряжения переключения, установленного по перечислению b) 7.8.3.2	
	Этап 3	Повторяют этапы 1 и 2 в течение 22 ч	
	Этап 4	Выдерживают аккумуляторы в течение 2 ч	
		Повторяют процедуру с этапа 1 по этап 4	
d) 7.8.3.3		Периодически измеряют рабочие характеристики: - емкость (каждые 14 сут); - мощность (каждые 7 сут)	Комнатная температура

Окончание таблицы В.1

Подпункт/ перечисление/этап	Процедура испытаний	Температура
e) 7.8.3.3	Заканчивают испытания, когда будет выполнено любое из следующих условий (если условия не выполнены, возвращаются к перечислению a) 7.8.3.3): - испытания по перечислению c) 7.8.3.3 проводят в течение 6 мес; - значение любого из параметров, измеренных по перечислению d) 7.8.3.3, составляет менее 80 % исходного значения	—

Приложение С
(справочное)

Определение вольт-амперной характеристики

С.1 Общие положения

В настоящем приложении описан метод испытания для определения ВАХ аккумулятора, когда максимальные значения тока для заряда и разряда для испытания мощности в 7.5 неизвестны.

С.2 Метод испытания

Испытание следует проводить при каждой комбинации СЗ и температуры аккумулятора в начале испытания, как указано в таблице 2, в соответствии с процедурой, указанной изготовителем аккумулятора.

Испытание следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке С.1.

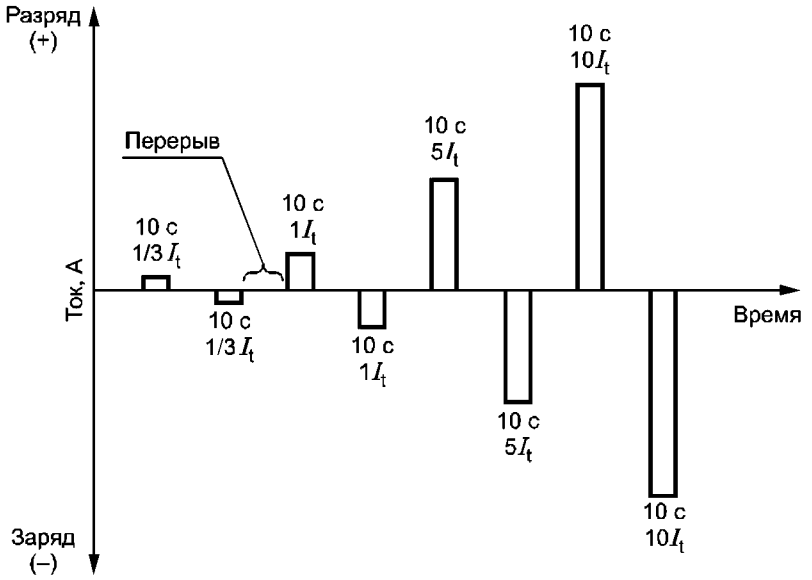
ВАХ определяют путем измерения напряжения в конце импульса разряда/заряда постоянным током продолжительностью 10 с при условиях, указанных в таблице С.1. Диапазон значений токов заряда и разряда должен быть указан изготовителем аккумуляторов, стандартное время измерения составляет 1 с. Если напряжение через 10 с выходит за пределы конечного напряжения разряда или конечного напряжения заряда, то данные измерений должны быть пропущены.

Должны быть приняты во внимание пределы заряда/разряда при низкой температуре, указанные изготовителем аккумулятора.

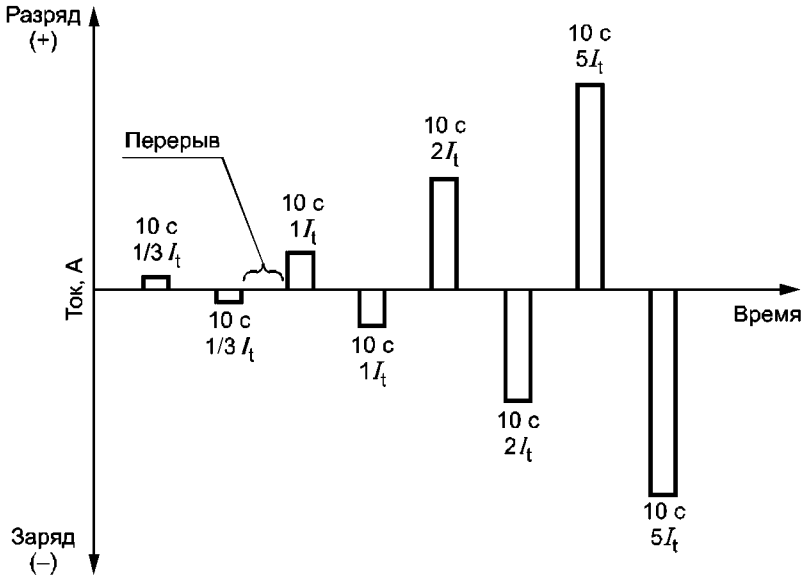
Таблица С.1 — Ток заряда и разряда при испытании для определения ВАХ

Приложение	Ток заряда и разряда, А			
ЭМА	1/3 I_t	1 I_t	2 I_t	5 I_t
ЭМГ	1/3 I_t	1 I_t	5 I_t	10 I_t

Между импульсами заряда и разряда, импульсами разряда и заряда должен быть предусмотрен перерыв продолжительностью 10 мин. Если температура аккумулятора через 10 мин отличается от температуры испытаний более чем на 2 °С, то время перерыва продлевают до тех пор, пока температура аккумулятора не достигнет требуемого значения с отклонением не более чем на 2 °С. После этого испытания продолжают.



a) Порядок проведения испытания по определению ВАХ для применения ЭМГ



b) Порядок проведения испытания по определению ВАХ для применения ЭМА

Рисунок С.1 — Порядок проведения испытания по определению ВАХ

ВАХ может быть получена прямолинейной аппроксимацией, используя измеренные значения тока и напряжения, по которым могут быть вычислены значения максимальных токов заряда и разряда (I_{dmax}, I_{cmax}), мощность. Наклон кривой ВАХ на графике показывает внутреннее сопротивление аккумулятора.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO/TR 8713	–	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.		

Библиография

[1] ISO 12405-4 Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems — Part 4: Performance testing (Электрические дорожные транспортные средства. Требования к испытаниям для литий-ионных тяговых батарей и систем. Часть 4. Испытания для оценки рабочих характеристик)

[2] IEC 62660-2 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)

[3] IEC 62660-3 Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles — Part 3: Safety requirements (Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 3. Требования безопасности)

[4] IEC 61434:1996 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Guide to the designation of current in alkaline secondary cell and battery standards (Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Рекомендации по обозначению тока в стандартах на щелочные аккумуляторы и батареи)

УДК 621.355.9:006.354 ОКС 29.220.20 29.220.99 43.120 ОКПД2 27.20.23.130 27.20.23.140

Ключевые слова: аккумуляторы, батареи литий-ионные, батареи тяговые

БЗ 9—2020

Редактор *Е.В. Зубарева*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 27.07.2020. Подписано в печать 06.08.2020. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,16.
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