ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 62660-1— 2014

АККУМУЛЯТОРЫ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Часть 1

Определение рабочих характеристик

IEC 62660-1:2010
Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Некоммерческой организацией «Национальная ассоциация производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного 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 ноября 2014 г. № 1573-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62660-1 (2010) «Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 1. Определение рабочих характеристик» (IEC 62660-1:2010 «Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles — Part 1: Performance testing»).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые положения международного стандарта, указанного в пункте 4, могут являться объектами патентных прав. Международная электротехническая комиссия (МЭК) не несет ответственности за идентификацию подобных патентных прав

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). 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 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.ru)

© Стандартинформ, 2015

В Российской Федерации 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 Условия испытаний 2
4.1 Общие требования 2
4.2 Измерительные приборы 2
4.4 Температура испытаний 3
5 Измерение габаритов 3
6 Измерение массы 4
7 Электрические измерения 5
7.1 Общие условия заряда 5
7.2 Емкость 5
7.3 Корректировка степени заряженности 5
7.4 Мощность 5
7.5 Энергия 10
7.6 Испытания на хранение 11
7.7 Ресурсные испытания (циклический режим) 11
7.8 Испытания на энергоэффективность 20
Приложение А (справочное) Выбор условий испытаний 23
Приложение В (справочное) Последовательность ресурсных испытаний 24
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации 28
Библиография 29

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АККУМУЛЯТОРЫ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Часть 1

Определение рабочих характеристик

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

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к испытаниям по определению рабочих характеристик и ресурсным испытаниям литий-ионных аккумуляторов, используемых для приведения в движение аккумуляторных (ЭМА) и гибридных (ЭМГ) электромобилей.

Целью настоящего стандарта является определение порядка проведения испытаний для получения основных характеристик тяговых литий-ионных аккумуляторов, в т. ч. удельной емкости, удельной мощности, удельной энергии, срока хранения и срока службы.

Настоящий стандарт устанавливает типовой порядок проведения испытаний и условия для проверки основных рабочих характеристик тяговых литий-ионных аккумуляторов для электромобилей, что является необходим условием для обеспечения требуемого уровня рабочих характеристик и получения необходимых данных по аккумуляторам для различных конструкций аккумуляторных батарей и систем на их основе.

Примечание 1 — По согласованию между изготовителем и заказчиком условия испытаний, установленные в настоящем стандарте, могут быть дополнены. Варианты выбора условий испытаний приведены в приложении А.

Примечание 2 — Проведение испытаний для получения рабочих характеристик тяговых литий-ионных аккумуляторных батарей может осуществляться со ссылкой на данный стандарт.

Примечание 3 — Технические требования к испытаниям литий-ионных аккумуляторных батарей и систем определены в ИСО 12405-1 и ИСО 12405-2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие международные стандарты (для датированных ссылок следует использовать только указанное издание, для недатированных ссылок следует использовать последнее издание указанного документа, включая все поправки):

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

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

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по МЭК 60050-482, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **аккумуляторный электромобиль**; ЭМА (battery electric vehicle, BEV): Транспортное средство, для движения которого используется электрическая энергия 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 углеводородном топливе.

3.3 **номинальная емкость** (rated capacity): Количество электричества в ампер-часах, заявленное изготовителем аккумуляторов: C_3 _ для ЭМА и C_1 _ для ЭМГ.

3.4 **базовый испытательный ток I_t** (reference test current I_t): Ток в амперах, который выражается как

$$I_t = C_n / 1,$$

где C_n _ емкость аккумулятора, А·ч;

n — продолжительность режима полного разряда в часах.

1 — время, ч.

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

3.6 **литий-ионный аккумулятор** (secondary lithium ion cell): Аккумулятор, в котором при заряде ионы лития переходят из катода, содержащего соединения лития, в анод, а при разряде переходят в обратном направлении.

Примечание 1 — Аккумулятор это базовое промышленное устройство, которое является химическим источником электрического тока с прямым преобразованием химической энергии. Аккумулятор состоит из электродов, сепаратора, электролита, корпуса и клемм и предназначен для накопления электрической энергии.

Примечание 2 — В настоящем стандарте термин «аккумулятор» означает литий-ионный аккумулятор, электрическая энергия которого используется для движения транспортного средства.

3.7 **степень заряженности, СЗ** (state of charge, SOC): Доступная емкость аккумуляторной батареи, выраженная в процентах от номинальной.

4 Условия испытаний

4.1 Общие требования

Данные об используемых приборах и инструментах фиксируются в протоколах испытаний.

4.2 Измерительные приборы

4.2.1 Диапазон измерения приборов

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

Для аналоговых приборов показания должны считываться с последней трети шкалы.

Любые другие измерительные приборы могут использоваться, 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. Температура должна измеряться в месте, которое наиболее точно отражает температуру аккумулятора. При необходимости температура может быть дополнительно измерена в других местах.

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

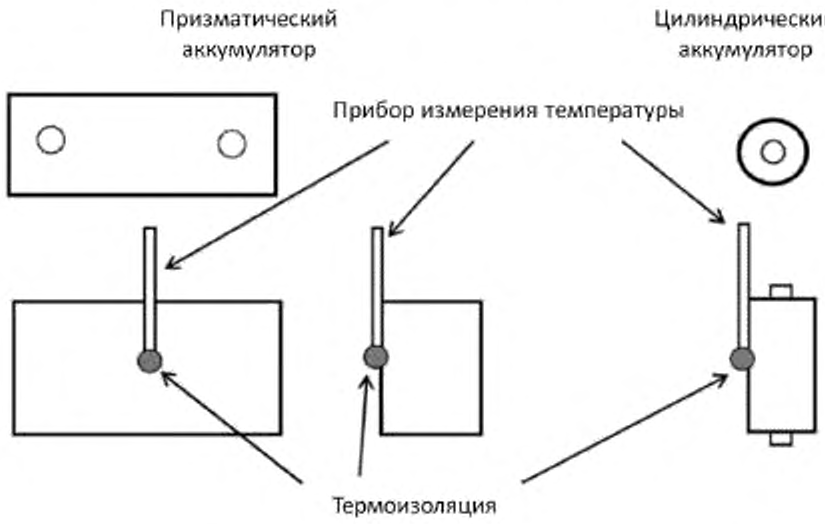


Рисунок 1 — Примеры измерения температуры аккумуляторов

4.2.5 Другие измерения

Другие величины, включая емкость и мощность, могут быть измерены при помощи соответствующих измерительных приборов с учетом выполнения требований 4.3.

4.3 Погрешность измерений

Суммарная погрешность измерений контролируемых или измеряемых величин относительно требуемых или действительных значений 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 Температура испытаний

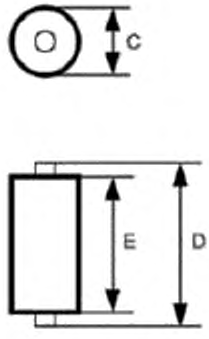
Если иное не определено, то перед каждым испытанием аккумуляторы должны быть выдержаны при требуемой температуре в течение не менее 12 ч. Этот период может быть сокращен, если будет достигнута температурная стабилизация, то есть температура аккумулятора за 1 ч изменится менее чем на 1 °C.

Если иное не определено в настоящем стандарте, то аккумуляторы испытывают при комнатной температуре, используя метод, указанный изготовителем.

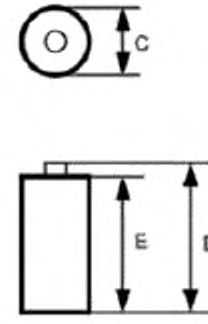
5 Измерение габаритов

Точность отсчета показаний при измерениях габаритов аккумулятора должна составлять до трех значащих цифр с учетом требований 4.3.

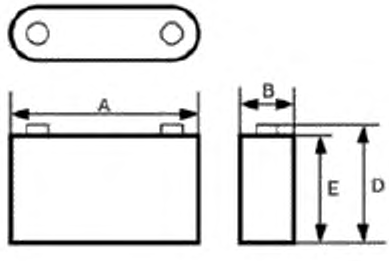
Примеры габаритных размеров аккумуляторов приведены на рисунке 2.



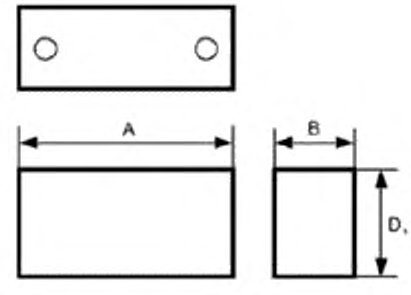
a – цилиндрический аккумулятор (1)



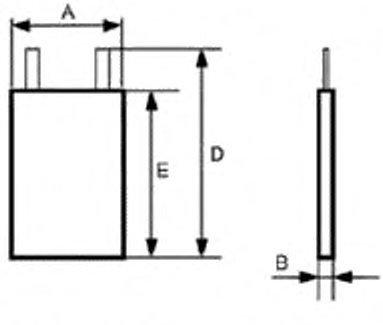
b – цилиндрический аккумулятор (2)



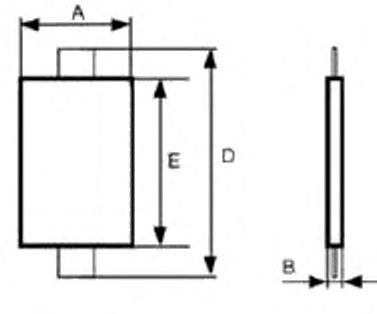
c – призматический аккумулятор (1)



d – призматический аккумулятор (2)



e – плоский аккумулятор (1)



f – плоский аккумулятор (2)

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

Рисунок 2 — Примеры габаритных размеров аккумуляторов

6 Измерение массы

Массу аккумулятора измеряют до трех значащих цифр с учетом требований 4.3.

7 Электрические измерения

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

7.1 Общие условия заряда

Если иное не указано в настоящем стандарте, то до проведения испытаний с электрическими измерениями, 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. Затем аккумулятор необходимо зарядить при комнатной температуре в соответствии с требованиями изготовителя.

7.2 Емкость

Емкость аккумулятора измеряют следующим образом.

Этап 1. Аккумулятор заряжают в соответствии с 7.1.

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. Разрядный ток и температура указаны в таблице 1.

Примечание — Варианты выбора условий испытаний приведены в таблице А.1 (см. приложение А).

Метод определения значения базового испытательного тока I_t определен в МЭК 61434.

Таблица 1 — Условия разряда

Температура, °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 в ампер-часах (А·ч) с точностью до трех значащих цифр.

7.3 Корректировка степени заряженности

Приведение заряда аккумулятора в соответствующее состояние является подготовительной процедурой перед испытаниями, требующими различной степени заряженности. Аккумуляторы для данных испытаний должны быть заряжены, как указано ниже.

Этап 1. Аккумулятор заряжают в соответствии с 7.1.

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:

- $(100 - n)/100 \times 3$ ч в случае аккумулятора, предназначенного для применения в ЭМА;
- $(100 - n)/100 \times 1$ ч в случае аккумулятора, предназначенного для применения в ЭМГ,

где n — степень заряженности в процентах, требуемая для соответствующего испытания.

7.4 Мощность

7.4.1 Порядок проведения испытаний

Испытания должны проводиться в следующем порядке.

a) Измерение массы

Массу аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 6.

b) Измерение габаритов

Размеры аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 5.

c) Определение вольт-амперных характеристик

Вольт-амперные характеристики определяют путем измерения напряжения в конце десятисекундного импульса разряда/заряда постоянным током при условиях, указанных ниже.

1) Степень заряженности аккумулятора должна быть доведена до 20 %, 50 % и 80 % в соответствии с 7.3.

2) Температура аккумулятора в начале испытания должна составлять 40 °C, 25 °C, 0 °C и минус 20 °C.

3) Аккумулятор заряжают и разряжают при каждом значении тока, соответствующем уровню номинальной емкости, а напряжение измеряют в конце десятисекундного импульса. Диапазон токов заряда и разряда должен быть указан изготовителем, а 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.

Примечание — При низкой температуре должны быть приняты во внимание ограничения при заряде и разряде, указанные изготовителем.

В таблице 2 приведены примеры токов заряда и разряда для соответствующей области применения аккумулятора. Если требуется, максимальный ток заряда и разряда (I_{max}) определяет изготовитель аккумуляторов. По согласованию с заказчиком это значение может быть уменьшено. Максимальный ток заряда и разряда может быть применен после испытаний при $5I_t$ для аккумулятора ЭМА и $10I_t$ для аккумулятора ЭМГ. Значение I_{max} меняется в зависимости от степени заряженности, температуры испытаний и режима заряда и разряда.

Таблица 2 — Примеры токов заряда и разряда

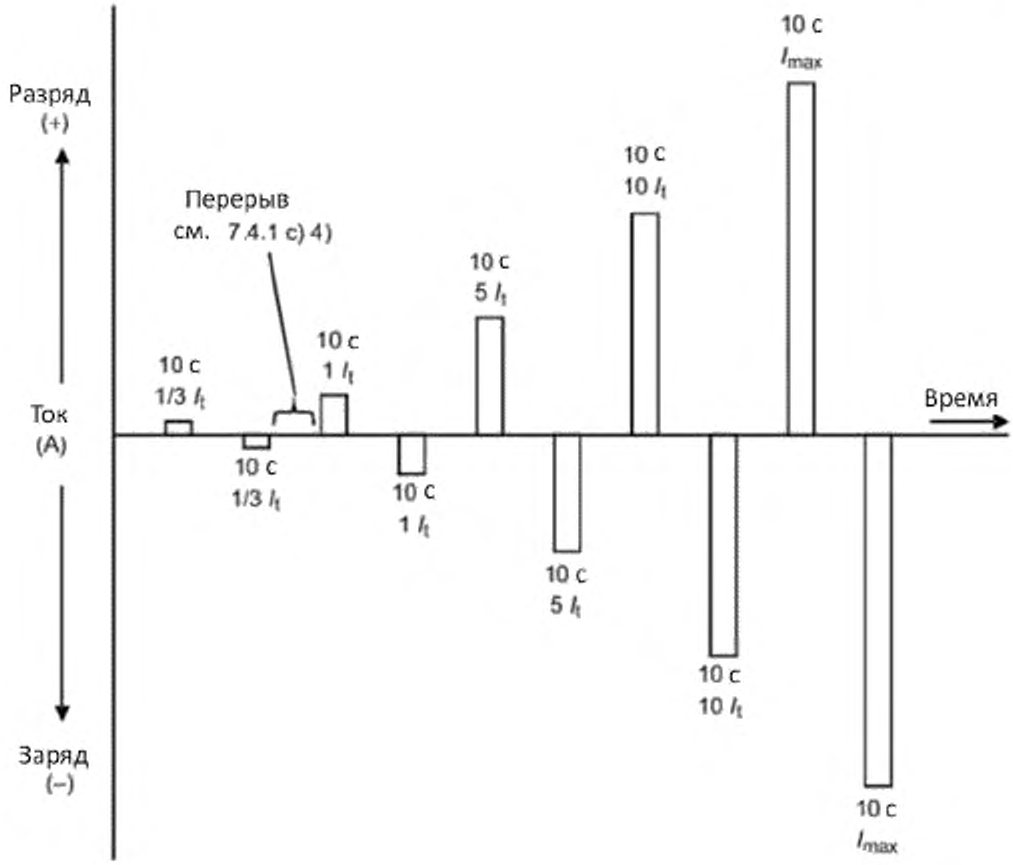
Область применения аккумулятора	Ток заряда и разряда, А				
ЭМА	$1/3\ I_t$	$1I_t$	$2I_t$	$5I_t$	I_{max}
ЭМГ	$1/3\ I_t$	$1I_t$	$5I_t$	$10I_t$	I_{max}

4) Между импульсами заряда и разряда, а также между импульсами разряда и заряда должен быть предусмотрен перерыв длительностью 10 мин. Однако если температура аккумулятора через 10 мин отличается от температуры испытаний более чем на 2 °C, то время перерыва продлевается до тех пор, пока температура аккумулятора не достигнет требуемого значения с отклонением не более чем на 2 °C. После этого испытания продолжаются.

5) Испытания проводят в соответствии с диаграммами, показанными на рисунке 3.

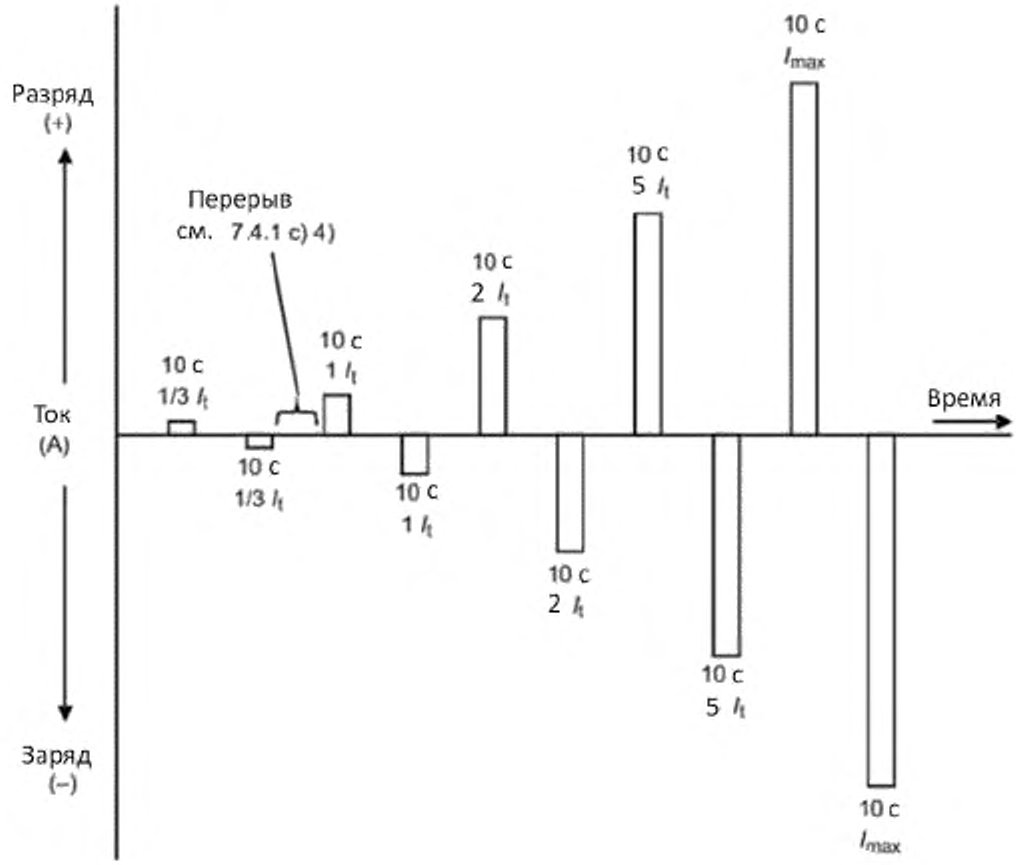
Примечание 1 — Варианты выбора условий испытаний приведены в таблице А.2 (см. приложение А).

Примечание 2 — Вольт-амперная характеристика может быть получена прямолинейной аппроксимацией, используя измеренные значения тока и напряжения, по которым могут быть вычислены максимальный ток I_{max} и мощность. Наклон этой линии показывает внутреннее сопротивление аккумулятора.



a — аккумулятор для ЭМГ

Рисунок 3, лист 1 — Порядок испытаний по определению вольт-амперных характеристик



b — аккумулятор для ЭМА

Рисунок 3, лист 2

7.4.2 Расчет удельной мощности

7.4.2.1 Расчет мощности

Мощность рассчитывают по формуле (1) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где P_d — мощность, Вт;

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

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

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

7.4.2.2 Расчет удельной мощности по массе

Удельную мощность по массе рассчитывают по формуле (2) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где ρ_{pd} — удельная мощность по массе, Вт/кг;

P_d — мощность, Вт;

m — масса аккумулятора, кг.

7.4.3.2 Расчет удельной мощности по объему

Удельную мощность по объему рассчитывают по формуле (3) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где ρ_{pvlm} — удельная мощность по объему, Вт/л;

P_d — мощность, Вт;

V — объем аккумулятора, л.

Объем призматического или плоского аккумулятора определяется произведением его высоты без учета клемм, ширины и длины; объем цилиндрического аккумулятора определяется произведением площади сечения цилиндра и его длины без учета клемм.

7.4.3 Расчет удельной мощности рекуперации

7.4.3.1 Расчет мощности рекуперации

Мощность рекуперации рассчитывают по формуле (4) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где P_c — мощност рекуперации, Вт;

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.

7.4.3.2 Расчет удельной мощности рекуперации по массе

Удельную мощность рекуперации по массе рассчитывают по формуле (5) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где ρ_{pc} — удельная мощность рекуперации по массе, Вт/кг;

P_c — мощность рекуперации, Вт;

m — масса аккумулятора, кг.

7.4.3.3 Расчет удельной мощности рекуперации по объему

Удельную мощность рекуперации по объему рассчитывают по формуле (6) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где ρ_{pvlmc} — удельная мощность рекуперации по объему, Вт/л;

P_c — мощность рекуперации, Вт;

V — объем аккумулятора, л.

Объем призматического или плоского аккумулятора определяется произведением его высоты без учета клемм, ширины и длины; объем цилиндрического аккумулятора определяется произведением площади сечения цилиндра и его длины без учета клемм.

7.5 Энергия

7.5.1 Порядок проведения испытаний

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

a) Измерение массы

Массу аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 6.

b) Измерение габаритов

Размеры аккумулятора измеряют в соответствии с разделом 5.

c) Измерение емкости

Емкость аккумулятора определяют в соответствии с 7.2 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 (U1, U2, ... , Un); значение напряжения, полученное менее чем за 5 с до конца разряда, в расчет не включают. Среднее напряжение Uavr рассчитывают с помощью формулы (7) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

Примечание — Данные измерений могут использоваться, если они получены при помощи измерительных приборов, обеспечивающих требуемую точность измерений.

7.5.2 Расчет удельной энергии

7.5.2.1 Расчет удельной энергии по массе

Удельную энергию по массе рассчитывают с помощью формул (8) и (9) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

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

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

U_{avr} — среднее напряжение разряда, В.

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

где ρ_{ed} — удельная энергия по массе, Вт·ч/кг;

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

m — масса аккумулятора, кг.

7.5.2.2 Расчет удельной энергии по объему

Удельную энергию по объему рассчитывают с помощью формулы (10) и результат округляют до трех значащих цифр.

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

где ρ_{evlmd} — удельная энергия по объему, Вт·ч/л;

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

V — объем аккумулятора, л.

Объем призматического или плоского аккумулятора определяется произведением его высоты без учета клемм, ширины и длины; объем цилиндрического аккумулятора определяется произведением площади сечения цилиндра и его длины без учета клемм.

7.6 Испытания на хранение

7.6.1 Испытание на сохранность заряда

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

Этап 1. Аккумулятор заряжают в соответствии с 7.1.

Этап 2. Аккумулятор разряжают до степени заряженности 50 % в соответствии с 7.3. Затем аккумулятор стабилизируют до требуемой температуры испытаний в течении 1 ч.

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

Этап 4. Повторяют этапы 1 и 2.

Этап 5. Оставляют аккумулятор на хранение в течение 28 дней при температуре окружающей среды (45 ± 2) °С.

Этап 6. Аккумулятор разряжают до конечного напряжения разряда постоянным током 1/3 I_t для аккумулятора ЭМА и 1 I_t для аккумулятора ЭМГ при комнатной температуре. Фиксирую остаточную разрядную емкость C_r.

Сохранность заряда рассчитывают по формуле

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

где R — сохранность заряда, %;

C_r — емкость аккумулятора после хранения, А·ч;

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

7.6.2 Испытание на длительность хранения

Срок хранения аккумуляторов определяют в следующем порядке.

Этап 1. Определяют емкость, удельную мощность и удельную мощность рекуперации аккумулятора в соответствии с 7.1, 7.2 и 7.4.

Этап 2. Доводят степень заряженности до 100 % для аккумулятора ЭМА и до 50 % для аккумулятора ЭМГ в соответствии с 7.3. Аккумулятор оставляют на хранение в течении 42 дней при температуре окружающей среды (45 ± 2) °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.

Этап 4. Повторяют этапы 1, 2 и 3 поочередно 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.

7.7 Ресурсные испытания (циклический режим)

Ресурсные испытания проводят для определения изменения характеристик аккумуляторов при циклировании.

Примечание 1 — Последовательность проведения ресурсных испытаний приведена в приложении В.

Примечание 2 — Варианты выбора условий испытаний приведены в таблице А.3 (см. приложение А).

7.7.1 Циклирование аккумуляторов для ЭМА

Циклирование аккумуляторов для ЭМА проводят в следующем порядке.

7.7.1.1 Измерение начальных рабочих характеристик

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

Емкость

Определяют емкость в соответствии с 7.2 при температуре (25 ± 2) °С.

Динамическая разрядная емкость C_D

Динамическую разрядную емкость C_D измеряют при температуре (25 ± 2) °С и (45 ± 2) °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 4, пока напряжение не достигнет нижнего предела, указанного изготовителем.

Мощность

Определяют мощность в соответствии с 7.4 при температуре (25 ± 2) °С и степени заряженности 50 %.

7.7.1.2 Зарядно-разрядные циклы

Циклирование проводят в следующем порядке.

a) **Температура**

Температура окружающей среды должна быть (45 ± 2) °С. Температура аккумуляторов в начале испытаний — (45 ± 2) °С.

b) **Зарядно-разрядный цикл**

Одиночный цикл состоит из последовательного выполнения этапов с 1 по 4, приведенных ниже. Длительность перерыва между каждым этапом должна быть не более 4 ч.

Циклы должны непрерывно повторяться в течение 28 дней. 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 методикой изготовителя.

Этап 2. Аккумулятор полностью заряжают в соответствии с методикой изготовителя. Длительность 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 4, до емкости, равной (50 ± 5) % начальной динамической разрядной емкости CD при температуре (45 ± 2) °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, длительность шага 20 в таблице 3 может быть продлена на необходимую величину. Фактическая длительность должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Мощность при этом испытании рассчитывают по формуле

$$P_{max} = N \times W_{ed}, \quad (12)$$

где P_{max} — мощность, Вт;

N — значение требуемой максимальной мощности аккумулятора транспортного средства в ваттах, деленное на энергию аккумулятора в ватт-часах, 1/ч.

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

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

Если значение, полученное по формуле (12), больше, чем максимальная мощность аккумулятора, указанная изготовителем, то мощность при этом испытании определяют как 80 % максимальной мощности при комнатной температуре и при 20 % степени заряженности, указанной изготовителем. Фактическое значение мощности должно быть зафиксировано в протоколе испытаний.

Таблица 3 — Динамический разрядный профиль А циклирования аккумуляторов для ЭМА

№ шага заряда/разряда	Длительность, 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	24	+ 62,5	Разряд
17	8	–25,0	Заряд
18	32	+25,0	Разряд
19	8	–50,0	Заряд
20	44	0,0	–

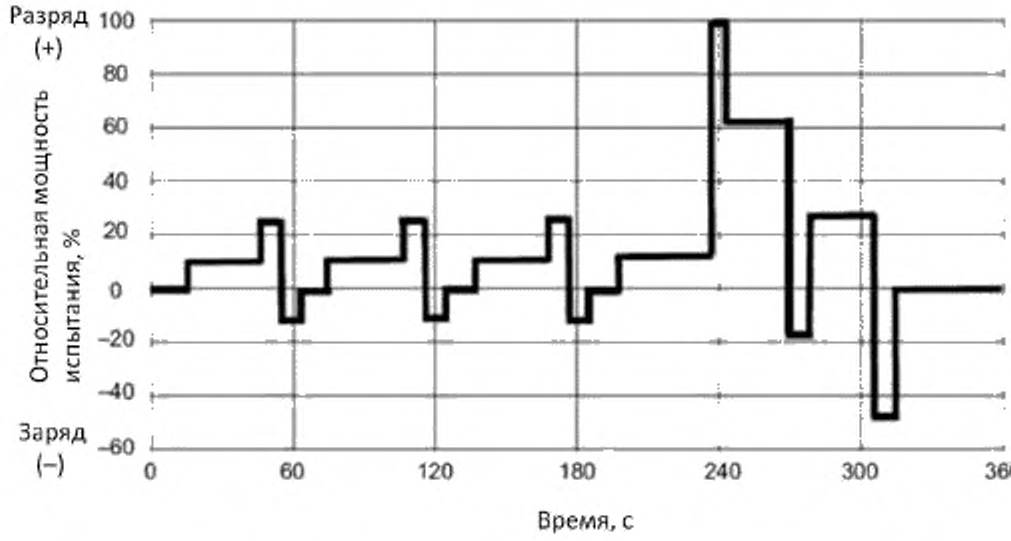


Рисунок 4 — Динамический разрядный профиль А циклирования аккумуляторов для ЭМА

Этап 4. Разряжают аккумулятор динамическим разрядом в соответствии с профилем В (движение на подъем), заданным в таблице 4 и на рисунке 5, однократно. Мощность испытания рассчитывают по формуле (12).

Если на этапе 4 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 с) настоящего подпункта.

Если напряжение аккумуляторов во время разряда на шаге 16 неоднократно достигает нижнего предела напряжения, 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 В циклирования аккумуляторов для ЭМА

№ шага заряда/разряда	Длительность, 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

Окончание таблицы 4

№ шага заряда/разряда	Длительность, с	Относительная мощность испытания, %	Заряд/разряд
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	–

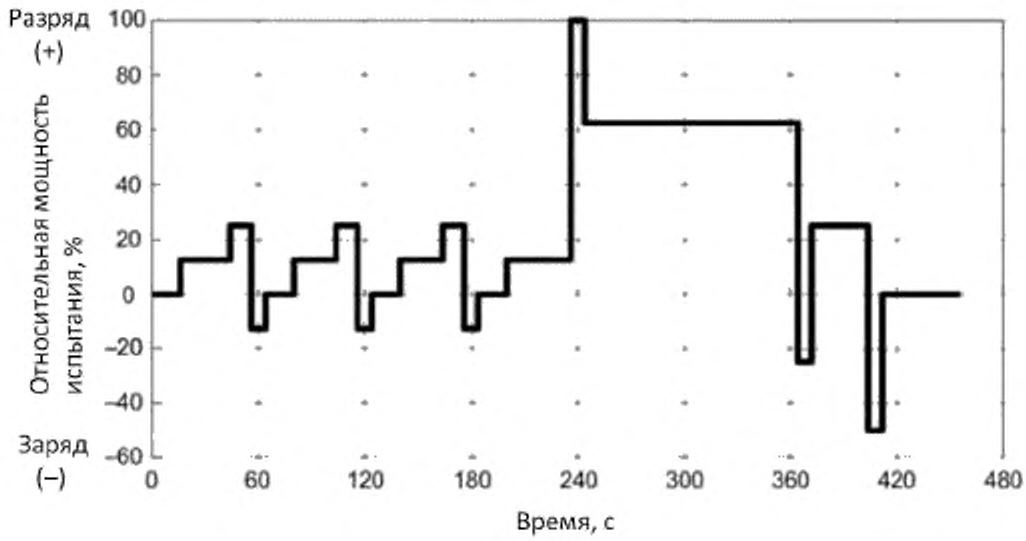


Рисунок 5 — Динамический разрядный профиль B циклирования аккумуляторов для ЭМА

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

Если на этапе 5 температура аккумулятора достигает верхнего предела, указанного изготовителем, длительность шага 20 в таблице 3 может быть продлена на необходимую величину. Фактическая длительность должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Если на этапе 5 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.

c) Периодическое измерение рабочих характеристик

После завершения каждого цикла, включающего в себя повторяющиеся прохождения этапов 1–5 в течение 28 дней, определяют рабочие характеристики аккумуляторов в соответствии с 7.7.1.1. Суммарное время циклирования на этапах 1–4 по перечислению b) настоящего подпункта фиксируют в протоколе испытаний. Динамическую разрядную емкость измеряют только при температуре (25 ± 2) °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 A: испытания по перечислениям a)–c) настоящего подпункта проведены шесть раз.

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

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

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

7.7.2 Циклирование аккумуляторов для ЭМГ

Циклирование аккумуляторов для ЭМГ проводят в следующем порядке.

7.7.2.1 Измерение начальных рабочих характеристик

Перед циклированием измеряют емкость и мощность аккумулятора.

Емкость

Определяют емкость в соответствии с 7.2 при температуре (25 ± 2) °С.

Мощность

Определяют мощность в соответствии с 7.4 при температуре (25 ± 2) °С и степени заряженности 50 %.

7.7.2.2 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) 7.7.2.3.

Примечание — Под профилем с преобладающим разрядом (discharge-rich profile) подразумевают профиль динамических зарядно-разрядных импульсов, в котором суммарное количество электричества, расходуемое в процессе разрядных импульсов постоянно превышает суммарное количество электричества, получаемое в процессе зарядных импульсов, что приводит к постепенному уменьшению степени заряженности.

Под профилем с преобладающим зарядом (charge-rich profile) подразумевают профиль динамических зарядно-разрядных импульсов, в котором суммарное количество электричества, получаемое в процессе зарядных импульсов постоянно превышает суммарное количество электричества, расходуемое в процессе разрядных импульсов, что приводит к постепенному увеличению степени заряженности.

a) Напряжение переключения с ППР на ППЗ

Доводят степень заряженности аккумулятора до 30 % в соответствии с 7.3 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, то напряжение переключения должно соответствовать нижнему пределу напряжения, указанному изготовителем. При необходимости учитывают также степень заряженности аккумулятора, рекомендованную изготовителем.

b) Напряжение переключения с ППЗ на ППР

Доводят степень заряженности аккумулятора до 80 % в соответствии с 7.3 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, то напряжение переключения должно соответствовать верхнему пределу напряжения, указанному изготовителем. При необходимости учитывают также степень заряженности аккумулятора, рекомендованную изготовителем.

7.7.2.3 Зарядно-разрядные циклы

Циклирование проводят в следующем порядке.

a) Температура

Температура окружающей среды в процессе испытаний должна быть (45 ± 2) °С в соответствии с 4.4, температура аккумуляторов в начале испытаний — (45 ± 2) °С в соответствии с 4.2.4.

b) Корректировка степени заряженности перед циклированием

Аккумуляторы выдерживают при температуре (45 ± 2) °С и доводят степень их заряженности до 80 % или до значения, согласованного между изготовителем и заказчиком, в течение 16–24 ч в соответствии с 7.3. Если значение степени заряженности отличается от 80 %, его необходимо зафиксировать в протоколе испытаний.

c) Зарядно-разрядный цикл

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, длительность шага 16 в таблицах 5 и 6 может быть продлена на необходимую величину. Фактическая длительность должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Этап 1. Зарядно-разрядные циклы проводят в режиме ППР, заданном в таблице 5 и на рисунке 6, с повторением до тех пор, пока напряжение аккумулятора не достигнет значения напряжения переключения, установленного в соответствии с перечислением a) 7.7.2.2 (см. рисунок 8).

Если значение максимального тока, указанное изготовителем, ниже 20It , то оно может быть применено на шаге 1 с соответственным изменением значения тока испытания на шаге 6, которое в этом случае должно быть в два раза меньше значения максимального тока, указанного изготовителем.

Таблица 5 — ППР при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

№ шага заряда/разряда	Длительность, с	Ток I_t, 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	–

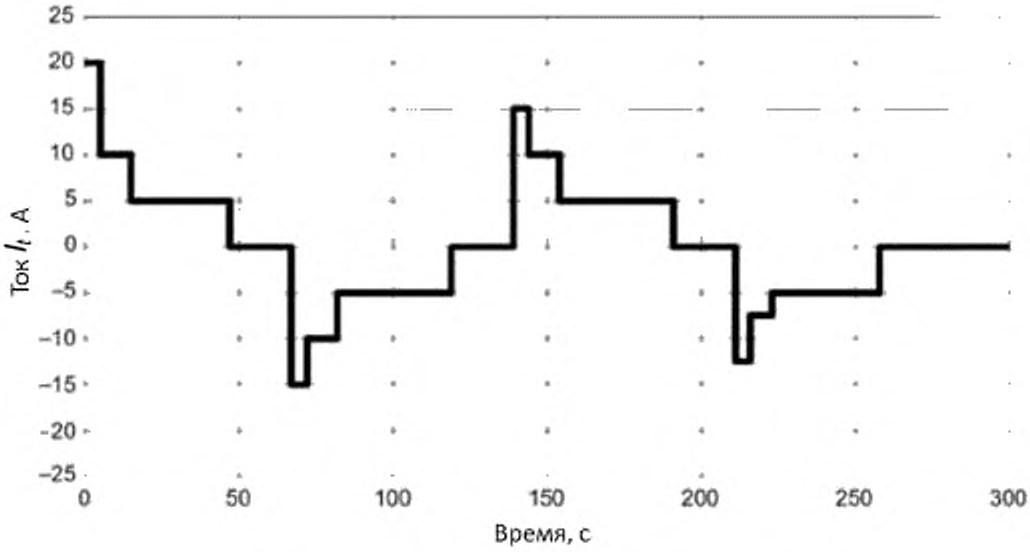


Рисунок 6 — ППР при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

Этап 2. Зарядно-разрядные циклы проводят в режиме ППЗ, заданном в таблице 6 и на рисунке 7, с повторением до тех пор, пока напряжение аккумулятора не достигнет значения напряжения переключения, установленного в соответствии с перечислением b) 7.7.2.2 (см. рисунок 8).

Если значение максимального тока, указанное изготовителем, ниже 20It , то оно может быть применено на шаге 5 с соответственным изменением значения тока испытания на шаге 2, которое в этом случае должно быть в два раза меньше значения максимального тока, указанного изготовителем.

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

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

Таблица 6 — ППЗ при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

№ шага заряда/разряда	Длительность, с	Ток I_t, А	Заряд/разряд
1	5	–15,0	Разряд
2	10	–10,0	Разряд
3	32	–5,0	Разряд
4	20	0,0	–
5	5	20,0	Заряд
6	10	10,0	Заряд
7	37	5,0	Заряд
8	20	0,0	–
9	5	–12,5	Разряд
10	10	–7,5	Разряд
11	37	–5,0	Разряд
12	20	0,0	–
13	5	15,0	Заряд
14	7	10,0	Заряд
15	35	5,0	Заряд
16	42	0,0	–

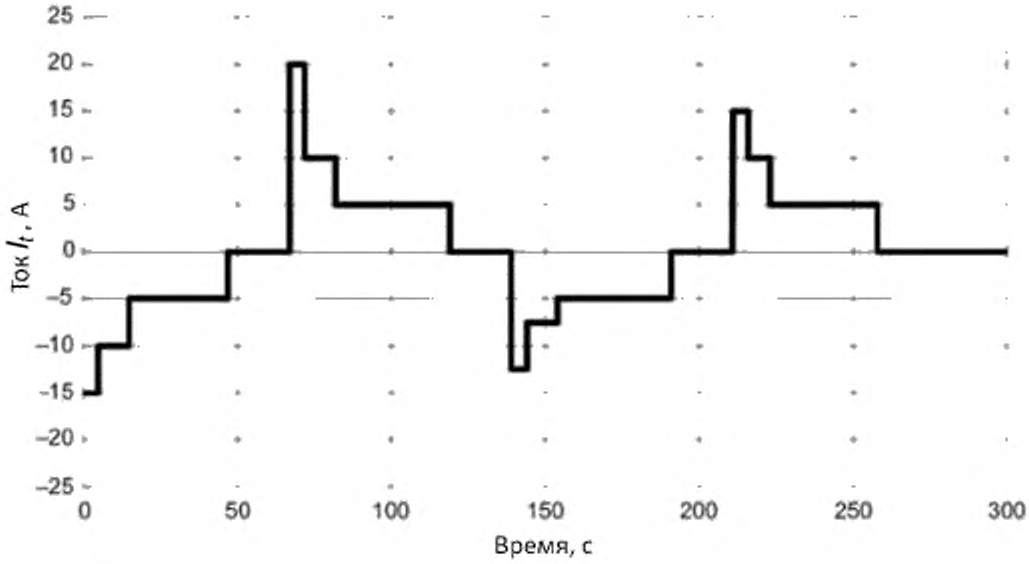


Рисунок 7 — ППЗ при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

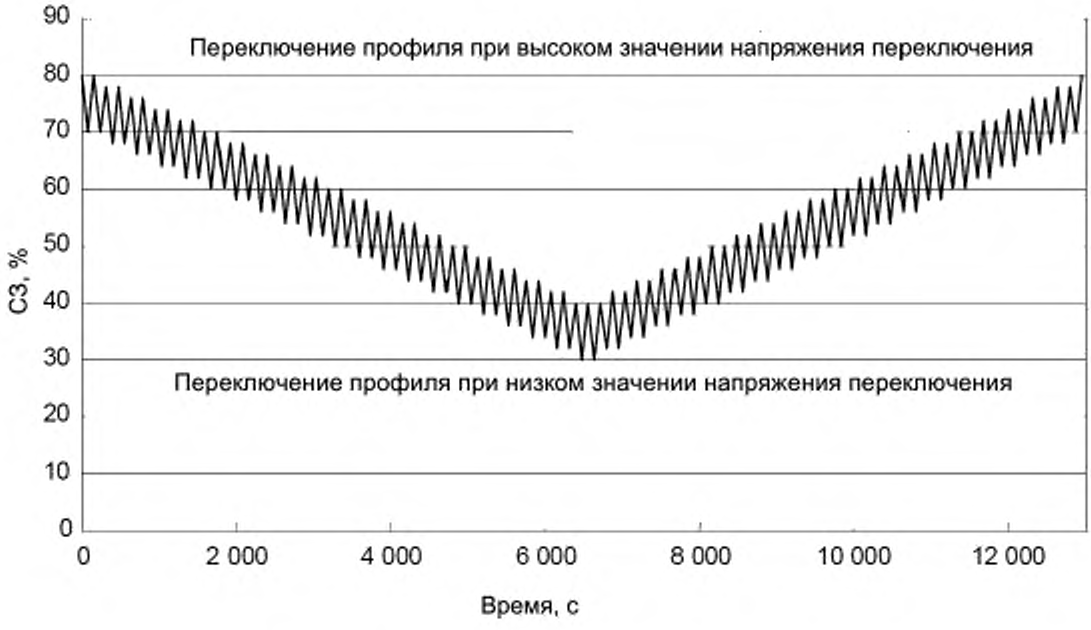


Рисунок 8 – Типичное колебание степени заряженности в режиме двух последовательных профилей при циклировании аккумуляторов для ЭМГ

d) Периодическое измерение рабочих характеристик

После каждого выполнения процедуры от этапа 1 до этапа 4 в течение 7 дней измеряют мощность аккумулятора в соответствии с 7.7.2.1. Емкость аккумулятора измеряют каждые 14 дней, как указано в 7.7.2.1.

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 шести месяцев.

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

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

7.8 Испытания на энергоэффективность

Для определения энергоэффективности аккумуляторов проводят общие испытания обоих видов, описанных в 7.8.1, и одно из двух испытаний, описанных в 7.8.2 и 7.8.3.

7.8.1 Общие испытания

7.8.1.1 Испытания при нормальных условиях

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 7.2, при комнатной температуре.

c) Определение энергоэффективности при степени заряженности 100 %:

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

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, а затем разряжают его в соответствии с 7.2 при комнатной температуре.

d) Определение энергоэффективности при степени заряженности 70 %:

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

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, а затем разряжают его в соответствии с 7.2 при комнатной температуре.

e) Расчет количества электричества при разряде и заряде

Количество электричества в процессе разряда и заряда можно рассчитать, используя следующий метод: выбирают значения токов разряда и заряда I с интервалом s секунд ($s \le 30$) от начала разряда/заряда; затем вычисляют количество электричества при разряде Qd и количество электричества при заряде Qc по формуле

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

где Q — количество электричества при разряде или заряде, А·ч;

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 можно рассчитать, используя следующий метод: выбирают значения тока разряда или заряда I и напряжения разряда или заряда U с интервалом s секунд ($s \le 30$) от начала разряда/заряда; после этого вычисляют электрическую энергию разряда W_d и электрическую энергию заряда W_c по формуле

$$W = \frac{I_1U_1 + I_2U_2 + \ldots + I_nU_n}{\frac{3600}{s}}, \qquad (14)$$

где W — электрическая энергия разряда или заряда, Вт·ч;

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 с помощью формулы (15) и энергоэффективность с помощью формулы (16)

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

где η_c — кулоновская эффективность заряда, %;

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.

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

где η_e — энергоэффективность, %;

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

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

Примечание — Данные измерений могут использоваться, если они получены при помощи измерительных приборов, обеспечивающих требуемую точность измерений.

7.8.1.2 Температурные испытания

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

Испытания проводят при следующих значениях температуры: минус (20 ± 2) °С, (0 ± 2) °С и (45 ± 2) °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 7.2, при каждом значении температуры испытаний.

d) Определение энергоэффективности при степени заряженности 100 %:

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

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение 4 ч, а затем разряжают его в соответствии с 7.2.

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 с помощью формулы (15) и энергоэффективность с помощью формулы (16).

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

7.8.2 Испытания аккумуляторов для ЭМА

Данные испытания применимы для аккумуляторов, используемых в ЭМА, и предназначены для определения энергоэффективности аккумуляторов 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 7.2.

c) Определение энергоэффективности при степени заряженности 80 %:

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

Примечание — Варианты выбора условий испытаний приведены в таблице А.4 (см. приложение А);

2) выдерживают аккумулятор в состоянии покоя в течение более чем 4 ч до достижения им температуры испытаний, а затем разряжают его в соответствии с 7.2.

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

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

f) Расчет энергоэффективности

Рассчитывают кулоновскую эффективность заряда с помощью формулы (17) и энергоэффективность с помощью формулы (18)

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

где η_{c1} — кулоновская эффективность заряда, %;

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.

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

где η_{e1} — энергоэффективность, %;

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

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

7.8.3 Расчет энергоэффективности аккумуляторов для ЭМГ

Нижеприведенная методика распространяется на аккумуляторы, используемые в ЭМГ.

a) Расчет электрической энергии заряда и разряда

Рассчитывают электрическую энергию заряда и разряда по результатам испытаний, указанных в 7.4, 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 $10/_t \times 10$ 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 2 и выбранное значение тока фиксируют в протоколе испытаний.

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

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.

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

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

Определяют энергоэффективность с помощью уравнения (21).

$$\eta_{e2} = \frac{W_{d2}}{W_{c2}} 100, \quad (21)$$

где η_{e2} — энергоэффективность, %;

W_{d2} — электрическая энергия разряда, Вт·ч;

W_{c2} — электрическая энергия заряда, Вт·ч.

Приложение А
(справочное)

Выбор условий испытаний

В настоящем приложении приведены дополнительные и обязательные условия испытаний для определения емкости по 7.2, мощности по 7.4, ресурса по 7.7 и энергоэффективности по 7.8.2. Условия испытаний *r*, указанные в таблицах А.1–А.4, установлены настоящим стандартом. Дополнительно, на основании соглашения между изготовителем и заказчиком, могут быть выбраны условия испытаний *a*, указанные в таблицах А.1–А.4.

Таблица А.1 — Условия испытаний для определения емкости

Температура, °С	Ток разряда, А								
	Аккумулятор для ЭМА				Аккумулятор для ЭМГ				
	0,2 I_t	1/3 I_t	1 I_t	5 I_t	0,2 I_t	1/3 I_t	1 I_t	10 I_t	$I_{d\,max}$
–20	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*
0	*a*	*r*	*a*	*a*	*a*	*a*	*r*	*a*	*a*
25	*a*	*r*	*a*	*a*	*a*	*a*	*r*	*a*	*a*
45	*a*	*r*	*a*	*a*	*a*	*a*	*r*	*a*	*a*

Если отклонение тока разряда при испытаниях от базовых значений (1/3 I_t для ЭМА и 1 I_t для ЭМГ) будет больше, чем указано в таблице А.1, то это должно быть отражено в протоколе испытаний.

Таблица А.2 — Условия испытаний для определения мощности

Температура, °С	Степень заряженности, %					
	Аккумулятор для ЭМА			Аккумулятор для ЭМГ		
	20	50	80	20	50	80
–20	*a*	*r*	*a*	*a*	*r*	*a*
0	*a*	*r*	*a*	*a*	*r*	*a*
25	*r*	*r*	*r*	*r*	*r*	*r*
40	*a*	*r*	*a*	*a*	*r*	*a*

Таблица А.3 — Условия ресурсных испытаний

Область применения аккумулятора	Температура, °С	
	25	45
ЭМА	*a*	*r*
ЭМГ	*a*	*r*

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

Степень заряженности	Ток заряда	*r/a*
80 %	2 I_t	*r*
По рекомендации изготовителя	По рекомендации изготовителя	*a*

Приложение В
(справочное)

Последовательность ресурсных испытаний

Данное приложение содержит последовательность проведения ресурсных испытаний по 7.7. Последовательность испытаний и концепция циклирования для аккумуляторов ЭМА показаны на рисунках В.1 и В.2. Последовательность испытаний для аккумуляторов ЭМГ показана в таблице В.1.

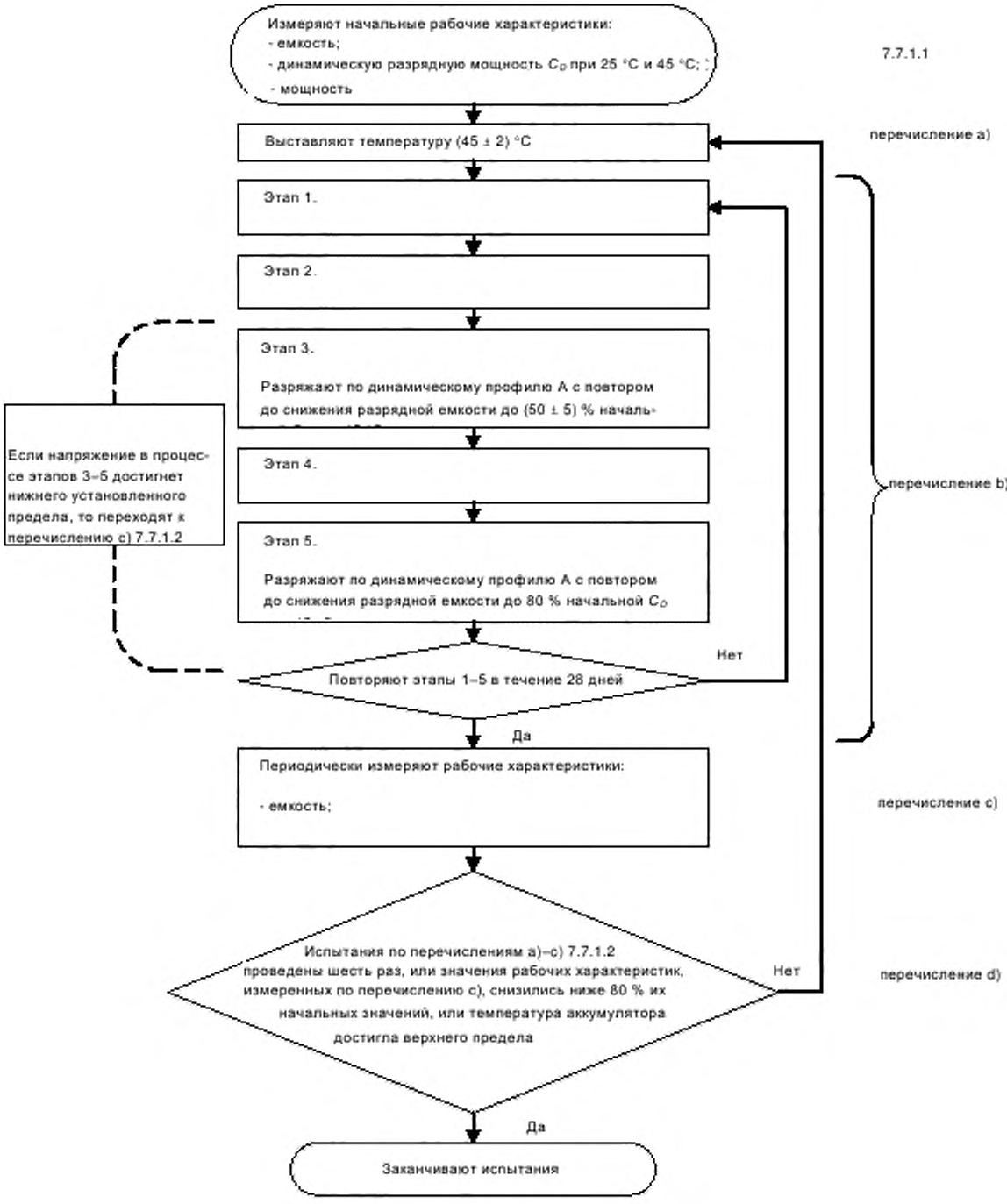


Рисунок В.1 — Последовательность испытаний при циклировании аккумуляторов для ЭМА

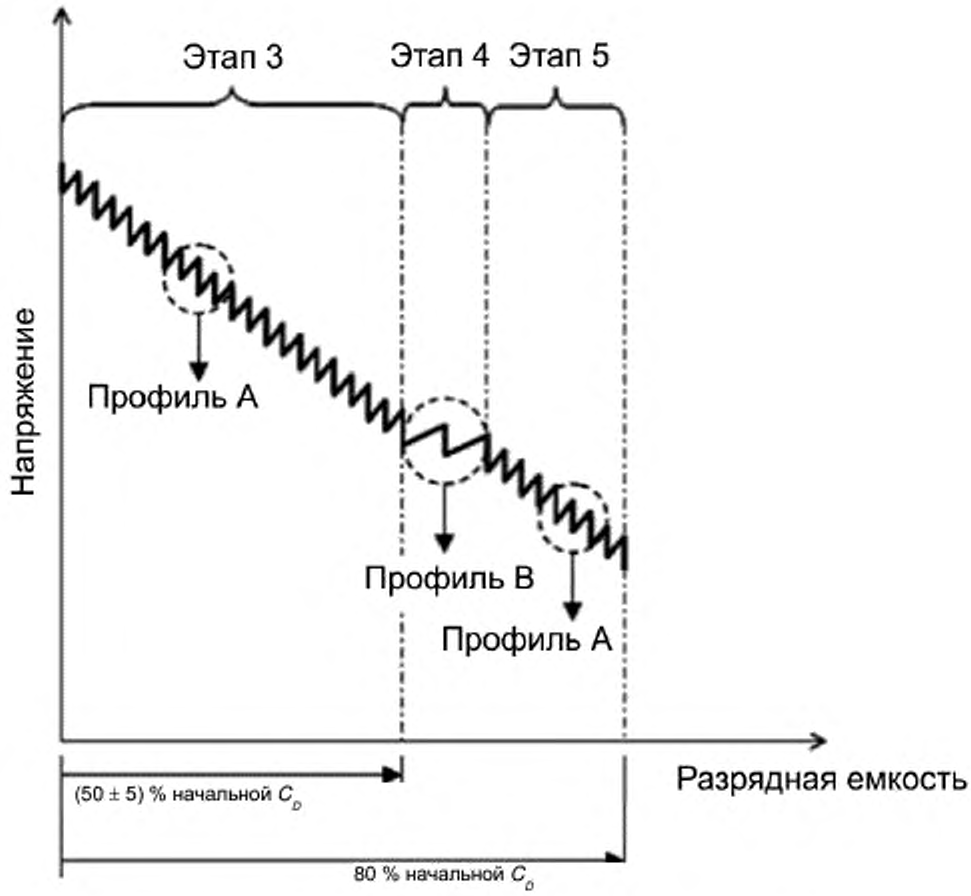


Рисунок В.2 — Концепция циклирования для аккумуляторов ЭМА

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

Подпункт/ перечисление/этап		Процедура испытаний	Температура
7.7.2.1		Измеряют начальные рабочие характеристики: - емкость; - мощность	Комнатная температура
a) 7.7.2.2		Устанавливают значение напряжения переключения с ППР на ППЗ	(45 ± 2) °С
b) 7.7.2.2		Устанавливают значение напряжения переключения с ППЗ на ППР	
a) 7.7.2.3		Выставляют температуру (45 ± 2) °С	(45 ± 2) °С
b) 7.7.2.3		Доводят степень заряженности до 80 %	
c) 7.7.2.3	Этап 1	Повторяют циклы в режиме ППР до достижения напряжения переключения, установленного по перечислению a) 7.7.2.2	
	Этап 2	Повторяют циклы в режиме ППЗ до достижения напряжения переключения, установленного по перечислению b) 7.7.2.2	
	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) 7.7.2.3		Периодически измеряют рабочих характеристики: - емкость (каждые 14 дней); - мощность (каждые 7 дней)	Комнатная температура
e) 7.7.2.3		Заканчивают испытания, когда будет выполнено любое из следующих условий (если условия не выполнены, возвращаются к перечислению a) 7.7.2.3): - испытания по перечислению c) 7.7.2.3 проводят 6 мес; - значение любого из параметров, измеренных по перечислению d) 7.7.2.3, составляет менее 80 % начального значения	–

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

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

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Некоммерческой организации «Национальная ассоциация производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ»).

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

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

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

(IEC 62660-2) (Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles — Part 2: Reliability and abuse testing)

ИСО 12405-1 Транспорт дорожный на электрической тяге. Технические требования к испытаниям модулей и систем тяговых литий-ионных батарей. Часть 1. Высокомощное применение

(ISO 12405-1) (Road vehicles — Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion battery packs and systems — Part 1: High power application)

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

(ISO 12405-2) (Road vehicles — Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion battery packs and systems — Part 2: High energy application)

УДК 621.355.9:006.354	ОКС 29.220.20 43.120	Е59	ОКП 34 8290

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, батарейный модуль, батарейная система, методы испытаний, электромобиль

Подписано в печать 03.03.2015. Формат 60x84⅛.
Усл. печ. л. 4,19. Тираж 31 экз. Зак. 1061

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»,
123995 Москва, Гранатный пер., 4.
info@gostinfo.ru
gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru