ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 12405-4— 2019

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

Требования к испытаниям для литий-ионных тяговых батарей и систем

Часть 4

Испытания для оценки рабочих характеристик

(ISO 12405-4:2018, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Национальной ассоциацией производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 марта 2019 г. № 81-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 12405-4:2018 «Электрические дорожные транспортные средства. Требования к испытаниям для литий-ионных тяговых батарей и систем. Часть 4. Испытания для оценки рабочих характеристик» (ISO 12405-4:2018 «Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems — Part 4: 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 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

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

© ISO, 2018 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2019

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 Обозначения и сокращения . . . 4
4.1 Обозначения . . . 4
4.2 Сокращения . . . 4
5 Общие требования . . . 5
5.1 Общие условия . . . 5
5.2 Программа испытаний . . . 5
5.3 Испытания . . . 5
5.4 Подготовка батарейного блока и системы для стендовых испытаний . . . 6
6 Общие испытания . . . 7
6.1 Циклы предварительной подготовки . . . 7
6.2 Стандартный цикл (ЦС) . . . 7
7 Испытания по определению рабочих характеристик . . . 8
7.1 Энергия и емкость при КТ . . . 8
7.2 Энергия и емкость при различных температурах окружающей среды и режимах разряда . . . 11
7.3 Мощность и внутреннее сопротивление . . . 19
7.4 Снижение степени заряженности (саморазряд) без нагрузки . . . 31
7.5 Снижение степени заряженности (саморазряд) при хранении . . . 35
7.6 Мощность прокручивания при пониженных температурах окружающей среды . . . 36
7.7 Мощность прокручивания при повышенных температурах окружающей среды . . . 38
7.8 Энергетическая эффективность . . . 39
7.9 Энергетическая эффективность при быстром заряде . . . 42
7.10 Долговечность при циклировании . . . 44
Приложение А (справочное) Батарейные блоки и системы и обзор испытаний . . . 60
Приложение В (справочное) Примеры листов данных для испытаний батарейных блоков и систем . . . 64
Приложение С (справочное) Пример условий испытаний . . . 69
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам . . . 70
Библиография . . . 71

Введение

Литий-ионные аккумуляторные системы являются эффективной альтернативной системой накопления энергии для электромобилей. Требования к системам на основе литий-ионных батарей для использования в качестве источника энергии для движения электрических дорожных транспортных средств значительно отличаются от требований к батареям, которые используются для бытовой электроники или стационарного использования.

В настоящем стандарте приведены конкретные процедуры испытаний для литий-ионных аккумуляторных батарей и систем, специально разработанных для движения дорожных транспортных средств. Эти испытания и связанные с ними требования направлены на то, чтобы аккумулятор или система отвечали конкретным потребностям автомобильной промышленности. Стандарт позволяет изготовителям транспортных средств выбирать процедуры испытаний для оценки характеристик батарейного блока или системы для их конкретных требований.

Стандарты серии ИСО 12405 определяют процедуры испытаний для литий-ионных аккумуляторных батарей и систем, которые подключены к электрической силовой установке электромобилей.

Целью серии стандартов ИСО 12405 является определение стандартных процедур испытаний для основных рабочих характеристик, надежности и электрических характеристик литий-ионных аккумуляторных батарей и систем и для оказания помощи пользователю в сравнении результатов испытаний, достигнутых для разных батарейных блоков или систем.

Примечания

1 Общие требования по безопасности и методы испытания для них приведены в ИСО 6469-1[1)].

2 Требования и испытания, связанные с условиями окружающей среды, будут приведены в разрабатываемом стандарте ИСО 19453-6[2)].

Спецификации для аккумуляторов батарей см. в МЭК 62660-1, МЭК 62660-2, МЭК 62660-3.

---

1) В стадии разработки.

2) В стадии разработки.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

Требования к испытаниям для литий-ионных тяговых батарей и систем

Часть 4

Испытания для оценки рабочих характеристик

Electrically propelled road vehicles. Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems. Part 4. Performance testing

Дата введения — 2019—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет методы испытаний для определения основных рабочих характеристик, надежности и электрической функциональности батарейных блоков и систем для высокомощных или высокоэнергоемких приложений. Если не указано иное, испытания применяются к блокам и системам обоих типов.

Примечания

1 Типичными примерами применения высокомощных батарейных блоков и систем являются гибридные электромобили (ЭМГ) и некоторые типы электромобилей на топливных элементах (ЭМТЭ).

2 Типичные примеры применения высокоэнергоемких батарейных блоков и систем — аккумуляторные электромобили (ЭМА), подзаряжаемые гибридные электромобили (ЭМГП) и некоторые типы электромобилей на топливных элементах (ЭМТЭ).

3 Испытание на уровне одиночных аккумуляторов установлено в стандартах серии МЭК 62660.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты. Для датированных ссылок следует использовать только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных ссылок — последнее издание, включая все поправки к нему:

ИСО 6469-1[1)], *Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS) (Электрические дорожные транспортные средства. Требования безопасности. Часть 1. Бортовые перезаряжаемые системы накопления энергии)*

ИСО 6469-3[2)], *Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 3: Protection of persons against electric shock) (Электрические дорожные транспортные средства. Требования безопасности. Часть 3. Защита людей от поражения электрическим током)*

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

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

- Электропедия IEC: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- Платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru .

1) В стадии разработки.

2) В стадии разработки.

Издание официальное

3.1 **блок контроля и управления батареи;** БКБ (battery control unit; BCU): Электронное устройство, которое контролирует, управляет, диагностирует или вычисляет электрические и температурные параметры *батарейной системы* (3.3), а также обеспечивает обмен информацией между батарейной системой и другими устройствами контроля и управления транспортного средства.

Примечание — См. также А.3.1 (приложение А).

3.2 **батарейный блок** (battery pack): Устройство накопления энергии, которое включает в себя аккумуляторы или аккумуляторные сборки, соединенные обычно с *электронным блоком аккумуляторов* (3.5), электрические силовые цепи, устройство защиты от перегрузки по току, а также электрические соединители и интерфейс для внешних систем.

Примечания

1 См. также А.2 (приложение А).

2 Примеры внешних систем: охлаждение, электрический контур напряжения класса В, вспомогательный контур напряжения класса А, коммуникационные системы.

3.3 **батарейная система** (battery system): Устройство накопления энергии, которое включает аккумуляторы, аккумуляторные сборки или *батарейный(е) блок(и)* (3.2), а также электрические цепи и электронные устройства.

Примечания

1 См. также А.3.2 и А.3.3 (приложение А). Компоненты батарейной системы могут быть размещены в различных устройствах транспортного средства.

2 Примерами электронных устройств являются БКБ и контакторы.

3.4 **емкость** (capacity): Общее количество ампер-часов, которое может быть получено от полностью заряженного *батарейного блока* (3.2) при определенных условиях.

3.5 **электронный блок аккумуляторов** (cell electronics): Электронное устройство, которое собирает и, возможно, отслеживает температурные и электрические параметры аккумуляторов или аккумуляторных сборок и при необходимости содержит электронную часть для балансировки аккумуляторов.

Примечание — Электронный блок может включать в себя контроллер аккумулятора. Функцией балансировки аккумуляторов может управлять электронный блок аккумулятора или ею может управлять БКБ.

3.6 **потребитель** (customer): Сторона, заинтересованная в использовании батарейного блока или системы и, исходя из этого, заказывающая или осуществляющая испытания.

Пример — Изготовитель транспортных средств.

3.7 **объект испытаний;** ОИ (device under test; DUT): Батарейный блок или система.

3.8 **электрический привод** (electric drive): Сочетание тяговых двигателей, силовой электроники и связанных с ними элементов управления, предназначенных для преобразования электрической энергии в механическую и наоборот.

3.9 **электрическое транспортное средство** (electrically propelled vehicle): Транспортное средство с одним или несколькими *электрическими приводами* (3.8) для приведения транспортного средства в движение.

3.10 **плотность энергии** (energy density): Количество накопленной энергии, отнесенное к объему *батарейного блока* (3.2) или *системы* (3.3).

Примечания

1 Батарейный блок или система включают систему охлаждения (при ее наличии) до места подсоединения трубопроводов охлаждающей жидкости или воздуховодов.

2 Плотность энергии выражается в ватт-часах на литр (Вт·ч/л).

3.11 **энергетическая эффективность заряда-разряда** (energy round trip efficiency): Отношение величины общей энергии постоянного тока, отданной испытуемым устройством при разряде в процессе испытания, к суммарной величине энергии постоянного тока, требуемой для восстановления начальной степени заряженности при стандартном заряде.

Примечание — Величины энергии постоянного тока, полученные от ОИ при разряде и энергии постоянного тока при его заряде, выражаются в ватт-часах (Вт·ч).

3.12 **высокоэнергоемкие батарейный блок и система** (high-energy battery pack and system): *Батарейный блок* (3.2) и *система* (3.3), использующие аккумуляторы, для которых численное отношение максимально допустимого выходного значения электрической мощности (в ваттах) к отданной электрической энергии (в ватт-часах) при разряде током 1*C* при комнатной температуре, как правило, менее 10.

Примечания

1 Типичный пример — высокоэнергоемкие батарейный блок или система, предназначенные для применения в ЭМА и ЭМГП.

2 Допустимая выходная мощность выражается в ваттах (Вт); отдаваемая электрическая энергия выражается в ватт-часах (Вт·ч).

3.13 **высокомощные батарейный блок и система** (high-power battery pack and system): *Батарейный блок* (3.2) и *система* (3.3), использующие аккумуляторы, для которых численное отношение максимально допустимого выходного значения электрической мощности (в ваттах) к отданной электрической энергии (в ватт-часах) при разряде током 1*C* при комнатной температуре, как правило, равно или более 10.

Примечания

1 Типичный пример — высокомощные батарейный блок и система, предназначенные для применения в ЭМГ и ЭМТЭ.

2 Допустимая выходная мощность выражается в ваттах (Вт); отдаваемая электрическая энергия выражается в ватт-часах (Вт·ч).

3.14 **максимальное рабочее напряжение** (maximum working voltage): Наибольшее значение напряжения переменного тока (среднеквадратическое значение) или постоянного тока, которое может возникать в электрической системе при любых нормальных режимах эксплуатации в соответствии с техническими спецификациями изготовителя без учета переходных процессов.

3.15 **защита от превышения тока** (overcurrent protection): Защита, предназначенная для срабатывания, когда ток превышает заданное значение.

3.16 **нормированная емкость** (rated capacity): Указанное изготовителем совокупное количество ампер-часов, которое может быть получено от полностью заряженного батарейного блока или системы при заданных условиях испытаний, таких как режим разряда, температура и конечное напряжение разряда ($U_к$).

3.17 **комнатная температура;** КТ (room temperature; RT): Температура (25 ± 2) °С.

3.18 **знак тока батареи** (sign of battery current): Знак тока, проходящего через батарею: ток разряда батареи определен как положительный, ток заряда батареи — как отрицательный.

3.19 **удельная энергия** (specific energy): Количество запасенной энергии, отнесенное к массе *батарейного блока* (3.2) или *системы* (3.3).

Примечания

1 В батарейном блоке или системе должна учитываться масса системы охлаждения (если таковая имеется) до места соединения трубопроводов охлаждения или воздуховодов. Для жидкостной системы охлаждения также должна быть учтена масса охлаждающей жидкости внутри батарейного блока или системы.

2 Удельная энергия выражается в ватт-часах на килограмм (Вт·ч/кг).

3.20 **степень заряженности;** СЗ (state of charge; SOC): Доступная емкость батарейного блока или системы, отнесенная к значению *нормированной емкости* (3.16) и выраженная в процентах.

3.21 **дозаряд** (top off charge): Дополнительный заряд, который исключает возможное уменьшение СЗ после стандартного заряда (ЗРС) при КТ с последующим приведением к тепловому равновесию при различных температурах.

3.22 **поставщик** (supplier): Компания, которая поставляет батарейные блоки и/или системы.

Пример — Изготовитель батареи.

3.23 **напряжение класса А** (voltage class A): Классификация электрических компонентов или цепей с *максимальным рабочим напряжением* (3.14) не более 30 В (среднеквадратическое значение) переменного тока или не более 60 В постоянного тока.

Примечание — Более подробно см. ИСО 6469-3.

3.24 **напряжение класса B** (voltage class B): Классификация электрических компонентов или цепей с *максимальным рабочим напряжением* (3.14) свыше 30 В, но не более 1000 В (среднеквадратическое значение) переменного тока, или свыше 60 В, но не более 1500 В постоянного тока.

Примечание — Более подробно см. ИСО 6469-3.

4 Обозначения и сокращения

4.1 Обозначения

$C_{сниж.}$ — снижение емкости, C_{fade};

$C_{нрм.,t0}$ — нормированная емкость при разряде током 1*C* в начале жизненного цикла (НЖЦ), $C_{rt,t0}$;

$I_{зр.,макс.}$ — максимальный ток непрерывного заряда, указанный поставщиком для испытания по определению энергоэффективности при быстром заряде, $I_{c,max}$;

$I_{рр.,макс.}$ — максимальный непрерывный разрядный ток, указанный поставщиком для испытаний по определению энергии и емкости, $I_{d,max}$;

$I_{рр.и,макс.}$ — максимальный импульсный разрядный ток, указанный поставщиком для испытаний по определению мощности, внутреннего сопротивления и энергоэффективности, $I_{dp,max}$;

$T_{макс.}$ — максимальная температура;

$T_{мин.}$ — минимальная температура;

t — время.

4.2 Сокращения

a.c. — переменный ток (alternating current);

БКБ — блок контроля и управления батареи (battery control unit, BCU);

ЭМА — электромобиль аккумуляторный (battery electric vehicle, BEV);

НЖЦ — начало жизненного цикла (beginning of life, BOL);

C — емкость, выраженная в ампер-часах (А·ч);

n*C* — величина тока, соответствующая току в n раз более разрядной емкости в одночасовом режиме разряда, выраженная в амперах (например, 3*C* соответствует величине тока разряда одночасового режима, помноженного на 3 и выраженного в амперах);

d.c. — постоянный ток (direct current);

ОИ — объект испытаний (device under test, DUT);

$U_к$ — конечное напряжение при разряде (end of discharge voltage, EODV);

EUCAR — Европейский совет по исследованиям и развитию в автомобилестроении (European Council for Automotive Research and Development);

ЭМТЭ — электромобиль на топливных элементах (fuel cell vehicle, FCV);

ЭМГ — электромобиль гибридный (hybrid electric vehicle, HEV);

МЭК — Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Comission, IEC);

ИСО — Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO);

Li — литий (lithium);

Li-ion — литий-ионный аккумулятор (lithium-ion, Li-ion);

НРЦ — напряжение разомкнутой цепи (open circuit voltage, OCV);

ЭМГП — электромобиль гибридный с подзарядкой от сети (plug-in hybrid electric vehicle, PHEV);

СПМ — спектральная плотность мощности (power spectral density, PSD);

СНЭА — система накопления энергии аккумуляторная (rechargeable energy storage system, RESS);

rms — среднеквадратическое значение (root-mean-square);

КТ — комнатная температура [(25 ± 2)°C] (room temperature, RT);

ЦС — стандартный цикл (standard cycle, SC);

ЗРС — стандартный заряд (standard charge, SCH);

РРС — стандартный разряд (standard discharge, SDCH);

СЗ — степень заряженности (state of charge, SOC);

USABC — Американский консорциум перспективных источников энергии (батарей) (United States Advanced Battery Consortium).

5 Общие требования

5.1 Общие условия

5.1.1 Предпосылки

Батарейный блок или система, подлежащие испытанию в соответствии с настоящим стандартом, должны отвечать следующим требованиям:

- электробезопасность конструкции должна быть подтверждена на соответствие требованиям ИСО 6469-1[1)] и ИСО 6469-3[2)];
- вместе с ОИ должны быть предоставлены необходимая эксплуатационная документация и требуемые для испытания компоненты соединения с испытательным оборудованием (то есть соединители, разъемы, включая охлаждение и коммуникации).

Батарейная система должна обеспечивать возможность проведения всех предписанных испытаний, то есть в БКБ должны быть реализованы все режимы испытаний, а также должна быть обеспечена возможность обмена информацией с испытательным стендом посредством общих коммуникационных шин.

Подсистема батарейного блока в качестве ОИ должна включать в себя все компоненты, указанные потребителем (например, для проведения механических испытаний должны быть предоставлены механические и электрические соединительные компоненты).

Если не указано иное, перед каждым испытанием ОИ уравновешивается при температуре испытаний. Тепловое равновесие достигается, если без активного охлаждения в течение 1 ч отклонения между температурой испытания и температурой всех точек измерения температуры аккумуляторов менее ± 2 °С.

Если не указано иное, после проведения любого заряда и после каждого изменения СЗ ОИ необходимо выдержать в течение 30 мин.

5.1.2 Точность измерительного оборудования и допуски измерения параметров

Общая точность внешнего измерительного оборудования должна быть в пределах следующих допусков:

- ± 0,5 % для напряжения;
- ± 0,5 % для тока;
- ± 1 °С для температуры.

Суммарная погрешность измерений контролируемых и измеряемых величин по отношению к задаваемым или фактическим значениям должна быть не более:

- ± 1 % для напряжения;
- ± 0,5 % для тока;
- ± 1 °С для температуры;
- ± 0,1 % для времени;
- ± 1 % для массы;
- ± 1 % для размеров.

Все величины (время, температура, ток и напряжение), если это не оговорено особо, должны фиксироваться каждые 5 % предполагаемого времени заряда и разряда.

5.2 Программа испытаний

Последовательность испытаний для конкретного батарейного блока, системы или подсистемы батарейного блока устанавливается на основе соглашения между потребителем и поставщиком с учетом испытаний, указанных в 5.3.

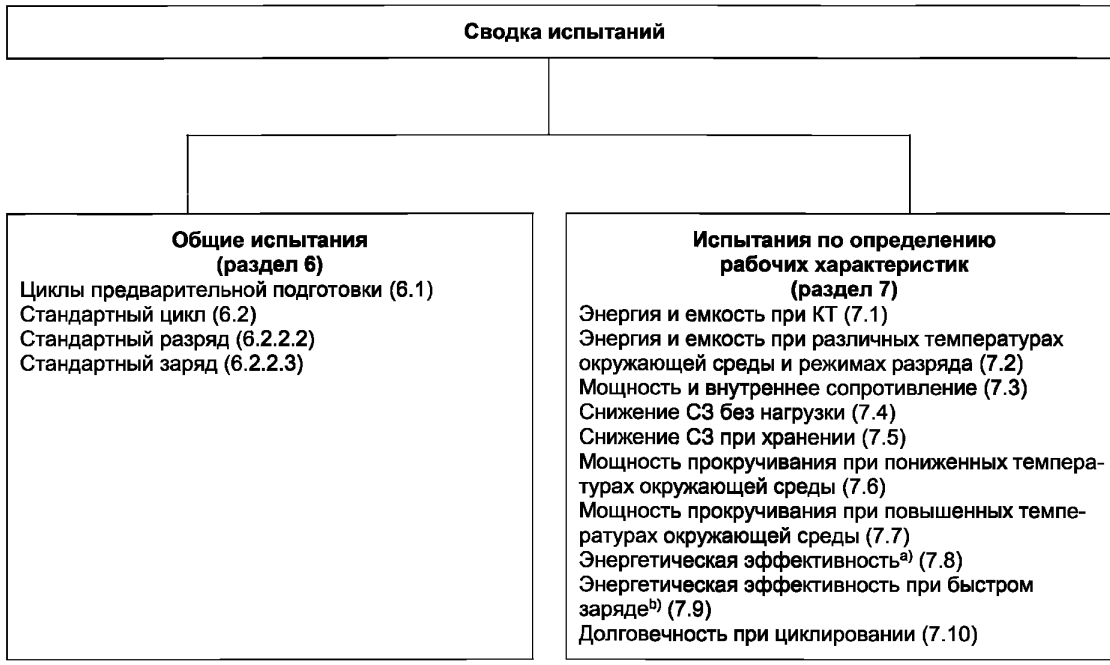
Пример перечня условий испытаний, которые должны быть согласованы между потребителем и поставщиком для высокомощных батарейных блоков и систем, приведен в таблице С.1, а для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем — в таблице С.2.

5.3 Испытания

Обзор испытаний приведен на рисунке 1, где даны ссылки на конкретные подпункты. В приложении В приведены примеры сбора данных испытаний.

[1)] В стадии разработки.

[2)] Введен ИСО 6469-3:2018.



[a] Испытание применяется только к высокомощным батарейным блокам и системам.
[b] Испытание применяется только к высокоэнергоемким батарейным блокам и системам.

Рисунок 1 — Последовательность проведения испытаний

5.4 Подготовка батарейного блока и системы для стендовых испытаний

5.4.1 Подготовка батарейного блока

Если не оговорено особо, то батарейный блок должен быть соединен с оборудованием испытательного стенда через выводы напряжения класса В (при наличии) и напряжения класса А. Контакторы, доступные данные по значениям напряжения, тока и температуры должны контролироваться на оборудовании испытательного стенда в соответствии с инструкциями поставщика и требованиями к испытаниям. На батарейном блоке должна функционировать пассивная защита от перегрузки по току. На оборудовании испытательного стенда должна функционировать активная защита от перегрузки по току, способная при необходимости размыкать главные контакторы батарейного блока. К оборудованию испытательного стенда может быть присоединено и функционировать в соответствии с инструкциями поставщика устройство охлаждения.

5.4.2 Подготовка батарейной системы

Если не оговорено особо, батарейная система должна быть соединена с оборудованием испытательного стенда через выводы напряжения класса В (при наличии) и напряжения класса А, соединители охлаждения. Функционирование батарейной системы должно контролироваться посредством БКБ, оборудование испытательного стенда должно следовать рабочим пределам, передаваемым от БКБ посредством коммуникационной шины. Оборудование испытательного стенда должно поддерживать условия срабатывания «вкл./выкл.» главных контакторов, изменение параметров напряжения, тока и температуры в соответствии с указанными требованиями методов испытания. Устройство охлаждения батарейной системы и соответствующий контур охлаждения испытательного стенда, если не установлено иное в конкретном методе испытаний, должны функционировать в соответствии с заданными техническими требованиями к испытаниям и под управлением БКБ. БКБ должен обеспечивать возможность выполнения оборудованием испытательного стенда процедур испытаний, не выходя за предельные значения величин параметров батарейной системы. При необходимости управляющая программа БКБ должна быть адаптирована поставщиком к требованиям методов испытания. Устройства активной и пассивной защиты от перегрузки по току должны срабатывать по командам батарейной системы. Активная защита по току должна также поддерживаться оборудованием испытательного стенда, при необходимости выдавая команду на размыкание главных контакторов батарейной системы.

6 Общие испытания

6.1 Циклы предварительной подготовки

6.1.1 Цель

ОИ должен перед началом серии испытаний пройти предварительную подготовку путем проведения определенных циклов заряда-разряда, чтобы гарантировать соответствующую стабилизацию параметров батарейных блоков и систем.

Данное испытание применяется к батарейным блокам и системам.

6.1.2 Методы испытаний

6.1.2.1 Высокомощные батарейный блок и система

Для высокомощных батарейных блоков и систем метод должен быть следующий:

- испытание проводят при КТ;
- разряды должны выполняться токами 2*C* или другим значением тока, если это предложено поставщиком и/или использовано им в испытаниях перед поставкой. Заряд производится в соответствии с рекомендациями поставщика;
- должны быть проведены пять последовательных циклов предварительной подготовки. Меньшее количество циклов может быть согласовано между потребителем и поставщиком;
- напряжение батарейного блока или системы в конце разряда не должно опускаться ниже минимального напряжения, рекомендованного поставщиком;
- батарейный блок или система считаются предварительно подготовленными, если разрядная емкость в течение двух последовательных разрядов не изменяется более чем на 3 % от величины нормированной емкости (30-минутный разряд или другой режим разряда, принятый в ходе испытания в соответствии с указаниями поставщика). Если режим разряда совпадает с режимом, используемым поставщиком для того же батарейного блока или системы во время заводских испытаний, то данные второго цикла могут быть непосредственно сопоставлены с данными поставщика;
- если требования предварительной подготовки не могут быть выполнены, потребитель и поставщик должны согласовать дальнейшие действия.

Примечание — Режим разряда током 2*C* используется для того, чтобы сократить время предварительной подготовки.

6.1.2.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем метод должен быть следующий:

- испытание проводят при КТ;
- разряды должны выполняться токами *C*/3 или другим значением тока, если это предложено поставщиком и/или использовано им в испытаниях перед поставкой. Заряд производится в соответствии с рекомендациями поставщика;
- должны быть проведены три последовательных цикла предварительной подготовки. По согласованию между потребителем и поставщиком может быть проведено два цикла;
- напряжение батарейного блока или системы в конце разряда не должно опускаться ниже минимального напряжения, рекомендованного поставщиком (минимальное напряжение — самое низкое напряжение при разряде, не вызывающее необратимого повреждения);
- батарейный блок или система считаются предварительно подготовленными, если разрядная емкость в течение двух последовательных разрядов не изменяется более чем на 3 % от величины нормированной емкости. Если режим разряда совпадает с режимом, используемым поставщиком в том же батарейном блоке или системе во время заводских испытаний, то данные второго цикла могут быть непосредственно сопоставлены с данными поставщика;
- если требования предварительной подготовки не могут быть выполнены, потребитель и поставщик должны согласовать дальнейшие действия.

6.2 Стандартный цикл (ЦС)

6.2.1 Цель

Цель стандартного цикла (ЦС) — обеспечить одинаковые начальные условия для каждого испытания батарейного блока или системы. ЦС, описанный ниже, должен проводиться перед каждым испытанием.

Данные испытания применяются к батарейным блокам и системам.

6.2.2 Метод испытаний

6.2.2.1 Общие положения

ЦС проводят при КТ. ЦС должен включать стандартный разряд (РРС) (см. 6.2.2.2), за которым следует стандартный заряд (ЗРС) (см. 6.2.2.3).

Если по какой-либо причине промежуток времени между окончанием ЦС и началом нового испытания превышает 3 ч, то ЦС следует повторить.

6.2.2.2 Стандартный разряд (РРС)

6.2.2.2.1 Высокомощные батарейный блок и система

Режим разряда: 1*C* или другой требуемый режим согласно спецификациям, предоставленным поставщиком.

Ограничение по разряду: согласно спецификациям, предоставленным поставщиком.

Период выдержки после разряда для достижения стабильного состояния: 30 мин или время достижения теплового равновесия ОИ при КТ.

6.2.2.2.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Режим разряда: *C*/3 или другой требуемый режим согласно спецификациям, предоставленным поставщиком.

Ограничение по разряду: согласно спецификациям, предоставленным поставщиком.

Период выдержки после разряда для достижения стабильного состояния: 30 мин или время достижения теплового равновесия ОИ при КТ.

6.2.2.3 Стандартный заряд (ЗРС)

6.2.2.3.1 Высокомощные батарейный блок и система

Метод заряда и критерий окончания заряда: согласно спецификациям, предоставленным поставщиком. Спецификации должны охватывать критерии окончания заряда и предельную продолжительность процесса заряда.

Период выдержки после заряда: 30 мин.

6.2.2.3.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Метод заряда и критерий окончания заряда: согласно спецификациям, предоставленным поставщиком. Спецификации должны охватывать критерии окончания заряда и предельную продолжительность процесса заряда. В любом случае процесс заряда должен быть завершен в течение 8 ч.

Период выдержки после заряда: 60 мин.

7 Испытания по определению рабочих характеристик

7.1 Энергия и емкость при КТ

7.1.1 Цель

Это испытание проводят для измерения емкости ОИ, А·ч, при разряде постоянным током.

Для высокомощных батарейных блоков и систем режим разряда постоянным током должен соответствовать заявленной поставщиком нормированной при токе 1*C* емкости, А·ч (например, если нормированная емкость одночасового разряда составляет 10 А·ч, то разряд проводят током 10 А). Одночасовой режим (1*C*) используется как эталонный для измерения статической емкости и энергии и как стандартный режим для испытания высокомощных батарейных блоков и систем. Кроме того, если это применимо, для выполнения требований по отнесению к высокомощным системам, определения емкости должны быть выполнены также при разряде током 10*C*, а также максимально допустимым током. Разряд должен быть прекращен при достижении $U_к$, установленного поставщиком в зависимости от режима и температуры разряда.

Для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем режим разряда постоянным током должен соответствовать заявленной поставщиком нормированной при токе *C*/3 емкости, А·ч (например, если нормированная емкость трехчасового разряда составляет 45 А·ч, то разряд проводят током 15 А). Трехчасовой режим (*C*/3) используется как эталонный для измерения статической емкости и энергии и как стандартный режим для испытания высокоэнергоемких батарейных блоков и систем. Кроме того, если это применимо, для выполнения требований по отнесению к высокоэнергоемким системам определения емкости должны быть выполнены также при разряде токами 1*C*, 2*C* и максимально допустимым током. Разряд должен быть прекращен при достижении $U_к$, установленного поставщиком в зависимости от режима и температуры разряда.

Данные испытания применяются к батарейным блокам и системам.

7.1.2 Методы испытаний

7.1.2.1 Высокомощные батарейный блок и система

Испытание проводят при КТ режимами разряда токами 1*C*, 10*C* и максимальным током, разрешенным поставщиком (максимальный ток разряда соответствует $I_{рр.,макс.}$).

Последовательность испытаний, которые должны быть проведены, определена в таблице 1.

Таблица 1 — Последовательность проведения испытаний при определении энергии и емкости при КТ для высокомощных батарейных блоков и систем

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Разряд током 1*C*	КТ
2.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.3	Разряд током 1*C*	КТ
2.4	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.5	Разряд током 10*C*	КТ
2.6	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.7	Разряд током 10*C*	КТ
2.8	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.9	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	КТ
2.10	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.11	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	КТ
2.12	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
3.1	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Процедура ЗРС должна проводиться в соответствии с 6.2.2.3.1.

Процедура ЦС должна проводиться в соответствии с 6.2.

Все испытания на разряд прекращают при достижении $U_к$, установленного поставщиком.

После разряда ОИ должен быть выдержан в состоянии покоя не менее 30 мин или должна пройти тепловая стабилизация при требуемой температуре окружающей среды либо до начала следующего этапа последовательности испытаний для обеспечения теплового равновесия должен использоваться фиксированный период времени.

7.1.2.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Испытание проводят при КТ режимом разряда токами *C*/3, 1*C*, 2*C* (если 2*C* менее $I_{рр.,макс.}$) и максимальным током, разрешенным поставщиком.

Последовательность испытаний, которые должны быть проведены, определена в таблице 2.

Таблица 2 — Последовательность проведения испытаний при определении энергии и емкости при КТ для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Окончание таблицы 2

Этап	Процедура	Температура испытаний
2.1	Разряд током *C*/3	КТ
2.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.3	Разряд током *C*/3	КТ
2.4	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.5	Разряд током 1*C*	КТ
2.6	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.7	Разряд током 1*C*	КТ
2.8	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.9	Разряд током 2*C*	КТ
2.10	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.11	Разряд током 2*C*	КТ
2.12	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.13	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	КТ
2.14	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.15	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	КТ
2.16	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
3.1	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Процедура ЗРС должна проводиться в соответствии с 6.2.2.3.2.

Процедура ЦС должна проводиться в соответствии с 6.2.

Все испытания на разряд прекращают при достижении $U_к$, установленного поставщиком.

После разряда ОИ должен быть выдержан в состоянии покоя не менее 30 мин или должна пройти тепловая стабилизация при требуемой температуре окружающей среды либо до начала следующего этапа последовательности испытаний для обеспечения теплового равновесия должен использоваться фиксированный период времени.

7.1.3 Определение нормированной емкости

7.1.3.1 Высокомощные батарейный блок и система

Если емкость одночасового режима 1*C*, полученная в ходе испытания по 7.1.2.1, этап 2.3 таблицы 1, отличается более чем на 5 % от спецификации поставщика, то измеренная при испытании емкость принимается за нормированную и должна быть использована в качестве базового значения нормированной емкости всех дальнейших требований к току разряда, то есть значение *C* во всех расчетах тока разряда, n*C*, должно быть основано на измеренной емкости режима 1*C*.

Должны быть зафиксированы следующие данные:

- ток, напряжение, температура ОИ и температура окружающей среды в зависимости от времени для каждого испытания на разряд и следующего за ним ЗРС;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, отданные при разряде, и средняя мощность разряда, Вт, для каждого испытания на разряд;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, пошедшие на заряд, и средняя мощность при заряде, Вт, следующем за каждым испытанием на разряд;
- энергоэффективность заряда-разряда для каждого испытания на разряд;
- энергия, Вт·ч, отданная при разряде как функция СЗ для каждого испытания на разряд (в процентах от нормированной емкости);
- $U_к$ на всех доступных точках измерения напряжения на аккумуляторах для всех проведенных испытаний на разряд;

- измеренная емкость одночасового режима 1*C*, которая будет принята как базовое значение для всех дальнейших требований к току разряда.

Примечание — Данные о емкости также используются впоследствии для расчета величин снижения емкости (см. 7.10.2.1.8).

7.1.3.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Если емкость трехчасового режима *C*/3, полученная в ходе испытания по 7.1.2.2, этап 2.1 таблицы 2, отличается более чем на 5 % от спецификации поставщика, то измеренная при испытании емкость принимается за нормированную и должна быть использована в качестве базового значения нормированной емкости всех дальнейших требований к току разряда, то есть значение *C* во всех расчетах тока разряда, n*C*, должно быть основано на измеренной емкости режима *C*/3.

Должны быть зафиксированы следующие данные:

- ток, напряжение, температура ОИ и температура окружающей среды в зависимости от времени для каждого испытания на разряд и следующего за ним ЗРС;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, отданные при разряде, и средняя мощность разряда, Вт, для каждого испытания на разряд;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, пошедшие на заряд, и средняя мощность при заряде, Вт, следующем за каждым испытанием на разряд;
- энергоэффективность заряда-разряда для каждого испытания на разряд;
- энергия, Вт·ч, отданная при разряде как функция СЗ для каждого испытания на разряд (в процентах от нормированной емкости);
- $U_к$ на всех доступных точках измерения напряжения на аккумуляторах для всех проведенных испытаний на разряд;
- измеренная емкость трехчасового режима *C*/3, которая будет принята как базовое значение для всех дальнейших требований к току разряда.

Примечание — Данные о емкости также используются впоследствии для расчета величин снижения емкости (см. 7.10.2.2.6).

7.2 Энергия и емкость при различных температурах окружающей среды и режимах разряда

7.2.1 Цель

Это испытание проводят для определения емкости при различных температурах на трех различных режимах разряда. Разряд различными токами проводят последовательно при одной температуре окружающей среды, затем температуру окружающей среды меняют на новое значение и последовательность испытания на разряд повторяют.

7.2.2 Метод испытания

7.2.2.1 Высокомощные батарейный блок и система

Испытание проводят при трех различных температурах (40 °С, 0 °С и –18 °С) режимом разряда токами 1*C*, 10*C* и максимальным током, разрешенным поставщиком (максимальный ток разряда соответствует $I_{рр.,макс.}$).

Последовательность испытаний, которые должны быть проведены, определена в таблице 3.

Таблица 3 — Последовательность проведения испытаний при определении энергии и емкости при различных температурах и скоростях разряда для высокомощных батарейных блоков и систем

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
2.2	Дозаряд	40 °С
2.3	Разряд током 1*C*	40 °С

Продолжение таблицы 3

Этап	Процедура	Температура испытаний
2.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
2.5	Разряд током 1*C*	40 °С
3.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
3.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
3.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
4.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
4.2	Дозаряд	40 °С
4.3	Разряд током 10*C*	40 °С
4.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
4.5	Разряд током 10*C*	40 °С
5.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
5.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
5.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
6.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
6.2	Дозаряд	40 °С
6.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	40 °С
6.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
6.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	40 °С
7.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
7.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
8.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
8.2	Дозаряд	0 °С
8.3	Разряд током 1*C*	0 °С
8.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
8.5	Разряд током 1*C*	0 °С
9.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
9.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
9.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
10.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
10.2	Дозаряд	0 °С
10.3	Разряд током 10*C*	0 °С
10.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
10.5	Разряд током 10*C*	0 °С

Окончание таблицы 3

Этап	Процедура	Температура испытаний
11.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
11.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
11.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
12.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °C
12.2	Дозаряд	0 °C
12.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	0 °C
12.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °C
12.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	0 °C
13.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
13.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
13.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
14.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
14.2	Дозаряд	−18 °C
14.3	Разряд током 1*C*	−18 °C
14.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
14.5	Разряд током 1*C*	−18 °C
15.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
15.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
15.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
16.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
16.2	Дозаряд	−18 °C
16.3	Разряд током 10*C*	−18 °C
16.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
16.5	Разряд током 10*C*	−18 °C
17.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
17.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
17.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
18.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
18.2	Дозаряд	−18 °C
18.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	−18 °C
18.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
18.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	−18 °C
19.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
19.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
19.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Процедура ЗРС должна проводиться в соответствии с 6.2.2.3.1.

Процедура ЦС должна проводиться в соответствии с 6.2.

Значение «n» для режима разряда током n*C* основывается на значении нормированной емкости, предоставленной поставщиком, а также полученной по результатам испытания на разряд током 1*C* в соответствии с 7.1.2.1.

Все испытания на разряд прекращают при достижении $U_к$, установленного поставщиком.

После разряда ОИ должен быть выдержан в состоянии покоя не менее 30 мин или должна пройти тепловая стабилизация при требуемой температуре окружающей среды либо до начала следующего этапа последовательности испытаний для обеспечения теплового равновесия должен использоваться фиксированный период времени.

Примечание — ЗРС для дозаряда позволяет восполнить заряд ОИ для компенсации возможных потерь энергии на этапе установления теплового равновесия.

7.2.2.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Испытание проводят при четырех различных температурах (40 °С, 0 °С, –10 °С и –18 °С, дополнительно может проводиться испытание при $T_{мин.}$) режимом разряда токами *C*/3, 1*C*, 2*C* и максимальным током, разрешенным поставщиком (максимальный ток разряда соответствует $I_{рр.,макс.}$).

Последовательность испытаний, которые должны быть проведены, определена в таблице 4.

Таблица 4 — Последовательность проведения испытаний при определении энергии и емкости при различных температурах и скоростях разряда для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
2.2	Дозаряд	40 °С
2.3	Разряд током *C*/3	40 °С
2.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
2.5	Разряд током *C*/3	40 °С
3.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
3.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
3.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
4.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
4.2	Дозаряд	40 °С
4.3	Разряд током 1*C*	40 °С
4.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
4.5	Разряд током 1*C*	40 °С
5.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
5.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
5.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
6.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
6.2	Дозаряд	40 °С
6.3	Разряд током 2*C*	40 °С

Продолжение таблицы 4

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
6.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
6.5	Разряд током 2*C*	40 °С
7.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
7.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
8.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
8.2	Дозаряд	40 °С
8.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	40 °С
8.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
8.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	40 °С
9.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
9.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
9.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
10.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
10.2	Дозаряд	0 °С
10.3	Разряд током *C*/3	0 °С
10.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
10.5	Разряд током *C*/3	0 °С
11.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
11.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
11.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
12.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
12.2	Дозаряд	0 °С
12.3	Разряд током 1*C*	0 °С
12.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
12.5	Разряд током 1*C*	0 °С
13.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
13.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
13.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
14.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
14.2	Дозаряд	0 °С
14.3	Разряд током 2*C*	0 °С
14.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
14.5	Разряд током 2*C*	0 °С

Продолжение таблицы 4

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
15.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
15.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
15.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
16.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °C
16.2	Дозаряд	0 °C
16.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	0 °C
16.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °C
16.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	0 °C
17.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
17.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
17.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
18.1	Приведение к тепловому равновесию	−10 °C
18.2	Дозаряд	−10 °C
18.3	Разряд током *C*/3	−10 °C
18.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−10 °C
18.5	Разряд током *C*/3	−10 °C
19.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
19.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
19.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
20.1	Приведение к тепловому равновесию	−10 °C
20.2	Дозаряд	−10 °C
20.3	Разряд током 1*C*	−10 °C
20.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−10 °C
20.5	Разряд током 1*C*	−10 °C
21.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
21.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
21.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
22.1	Приведение к тепловому равновесию	−10 °C
22.2	Дозаряд	−10 °C
22.3	Разряд током 2*C*	−10 °C
22.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−10 °C
22.5	Разряд током 2*C*	−10 °C
23.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
23.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
23.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
24.1	Приведение к тепловому равновесию	−10 °C
24.2	Дозаряд	−10 °C

Продолжение таблицы 4

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
24.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	−10 °C
24.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−10 °C
24.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	−10 °C
25.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
25.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
25.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
26.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
26.2	Дозаряд	−18 °C
26.3	Разряд током *C*/3	−18 °C
26.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
26.5	Разряд током *C*/3	−18 °C
27.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
27.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
27.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
28.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
28.2	Дозаряд	−18 °C
28.3	Разряд током 1*C*	−18 °C
28.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
28.5	Разряд током 1*C*	−18 °C
29.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
29.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
29.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
30.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
30.2	Дозаряд	−18 °C
30.3	Разряд током 2*C*	−18 °C
30.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
30.5	Разряд током 2*C*	−18 °C
31.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
31.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
31.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
32.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
32.2	Дозаряд	−18 °C
32.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	−18 °C
32.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °C
32.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	−18 °C

Окончание таблицы 4

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
33.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
33.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
33.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
34.1	Приведение к тепловому равновесию	$T_{мин.}$
34.2	Дозаряд	$T_{мин.}$
34.3	Разряд током *C*/3	$T_{мин.}$
34.4	Стандартный заряд (ЗРС)	$T_{мин.}$
34.5	Разряд током *C*/3	$T_{мин.}$
35.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
35.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
35.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
36.1	Приведение к тепловому равновесию	$T_{мин.}$
36.2	Дозаряд	$T_{мин.}$
36.3	Разряд током 1*C*	$T_{мин.}$
36.4	Стандартный заряд (ЗРС)	$T_{мин.}$
36.5	Разряд током 1*C*	$T_{мин.}$
37.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
37.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
37.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
38.1	Приведение к тепловому равновесию	$T_{мин.}$
38.2	Дозаряд	$T_{мин.}$
38.3	Разряд током 2*C*	$T_{мин.}$
38.4	Стандартный заряд (ЗРС)	$T_{мин.}$
38.5	Разряд током 2*C*	$T_{мин.}$
39.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
39.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
39.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
40.1	Приведение к тепловому равновесию	$T_{мин.}$
40.2	Дозаряд	$T_{мин.}$
40.3	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	$T_{мин.}$
40.4	Стандартный заряд (ЗРС)	$T_{мин.}$
40.5	Разряд током $I_{рр.,макс.}$	$T_{мин.}$
41.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
41.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
41.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Процедура ЗРС должна проводиться в соответствии с 6.2.2.3.2.

Процедура ЦС должна проводиться в соответствии с 6.2.

Значение тока для режима разряда *C* должно основываться на значении нормированной емкости, предоставленной поставщиком, а также полученной по результатам испытания на разряд при определении энергии и емкости при КТ током *C*/3 в соответствии с 7.1.

Все испытания на разряд прекращают при достижении $U_к$, установленного поставщиком.

После разряда ОИ должен быть выдержан в состоянии покоя не менее 30 мин или должна пройти тепловая стабилизация при требуемой температуре окружающей среды, либо до начала следующего этапа последовательности испытаний для обеспечения теплового равновесия должен использоваться фиксированный период времени.

Процедура испытания при температуре окружающей среды $T_{мин.}$ (– 20 °C ≥ $T_{мин.}$ ≥ – 40 °C) в рамках этапов от 34.1 до 41.3 таблицы 4 не является обязательной.

Примечание — Дозаряд позволяет подзаряжать ОИ для того, чтобы возместить потери энергии, которые могут произойти на этапе установления теплового равновесия.

7.2.3 Требования

Должны быть зафиксированы следующие данные:

- ток, напряжение, температура ОИ и температура окружающей среды в зависимости от времени для каждого испытания на разряд и следующего за ним ЗРС;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, отданные при разряде, и средняя мощность разряда, Вт, для каждого испытания на разряд;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, пошедшие на заряд, и средняя мощность при заряде, Вт, следующем за каждым испытанием на разряд;
- энергоэффективность заряда-разряда для каждого испытания на разряд;
- энергия, Вт·ч, отданная при разряде как функция СЗ для каждого испытания на разряд (в процентах от нормированной емкости);
- график, отражающий разброс значений напряжения аккумуляторов ОИ в конце разряда для всех проведенных испытаний на разряд.

7.3 Мощность и внутреннее сопротивление

7.3.1 Цель

Испытания по определению мощности и внутреннего сопротивления предназначены для определения динамических параметров мощности, омического сопротивления при процессах разряда и заряда, а также НРЦ ОИ как функции СЗ и температуры в соответствии с приближенным к реальности режимом нагрузки, полученным при эксплуатации транспортных средств.

Процедуры испытаний высокомощных батарейных блоков и систем сочетают в себе испытания по определению характеристик гибридной импульсной мощности FreedomCAR [3] и испытания по определению внутреннего сопротивления, НРЦ и мощности EUCAR [2].

Это испытание применяется к батарейным блокам и системам.

7.3.2 Характеризация мощности импульсного режима

7.3.2.1 Высокомощные батарейный блок и система

Цель данного режима — определить мощность импульсного разряда (0,1 с, 2 с, 10 с, 18 с), а также мощность заряда импульсной рекуперации (в течение 0,1 с, 2 с и 10 с) при различных СЗ. По правилам испытаний используется постоянная величина тока, основанная на установленной поставщиком для температуры испытаний величине максимального тока разряда в импульсе $I_{рр.и,макс.}$ По соглашению с потребителем эта величина может быть уменьшена. Если напряжение на ОИ в процессе разряда достигает величины $U_к$, ток должен быть уменьшен таким образом, чтобы напряжение на выводах батареи не достигало величины $U_к$ в течение импульса разряда длительностью 18 с. Ток импульсного заряда рекуперации должен быть постоянным, а его значение должно рассчитываться как 75 % от тока в импульсе разряда. В случае если ОИ в процессе заряда достигает предельной величины напряжения заряда, ток должен быть уменьшен таким образом, чтобы напряжение на выводах батареи не превышало величины предельного напряжения заряда в течение 10 с зарядного импульса рекуперации.

Режим испытаний начинается с импульса разряда продолжительностью 18 с и с последующей выдержкой в состоянии покоя в течение 40 с для того, чтобы измерить поляризационное сопротивление аккумулятора. После периода выдержки 40 с для определения возможности рекуперативного заряда

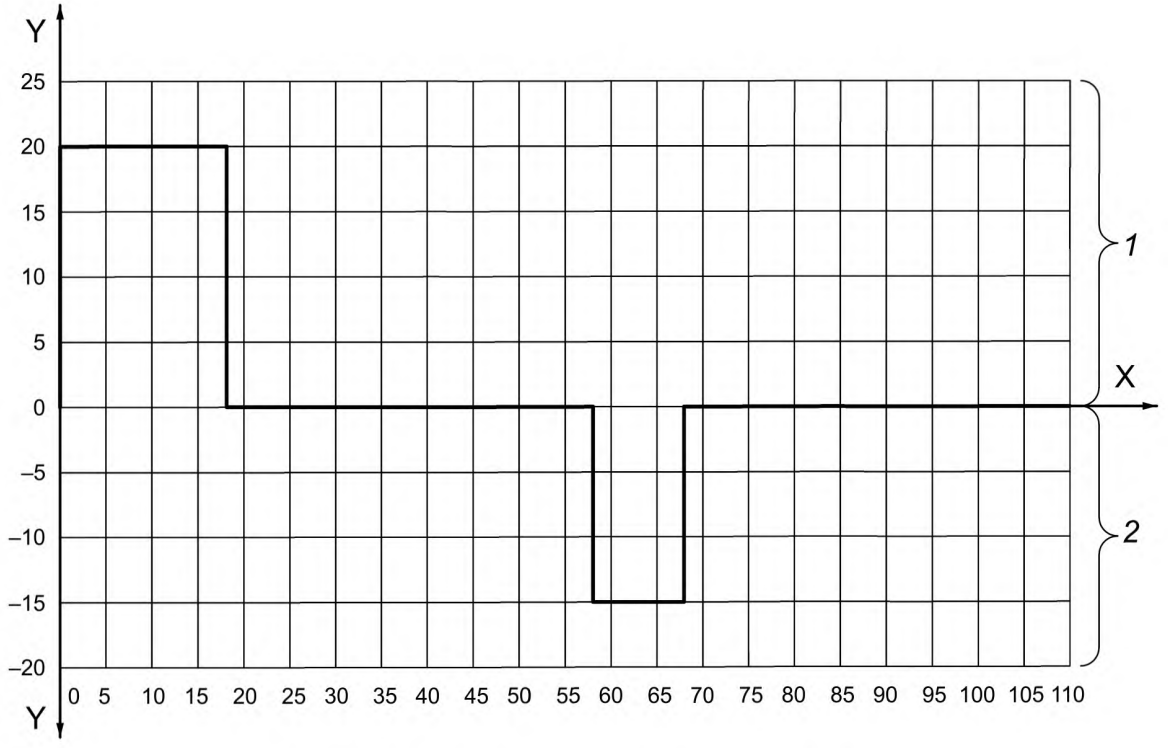
производится зарядный импульс в течение 10 с током, равным 75 % от величины тока в импульсе разряда. После импульса заряда должна следовать выдержка (отдых) батареи в течение 40 с (значения тока и времен см. таблицу 5 и рисунок 2).

Примечание — При испытании батарейных систем БКБ передает по коммуникационной шине максимально допустимые рабочие пределы ОИ, зависящие, например, от фактической температуры и СЗ ОИ, что позволяет оборудованию испытательного стенда поддерживать ОИ в требуемых диапазонах рабочих условий. Для испытаний батарейных блоков поставщик передает все необходимые ограничения рабочих параметров для ОИ для того, чтобы настроить оборудование испытательного стенда для поддержания ОИ в заданных рабочих условиях.

Таблица 5 — Режим снятия характеристик мощности в импульсе

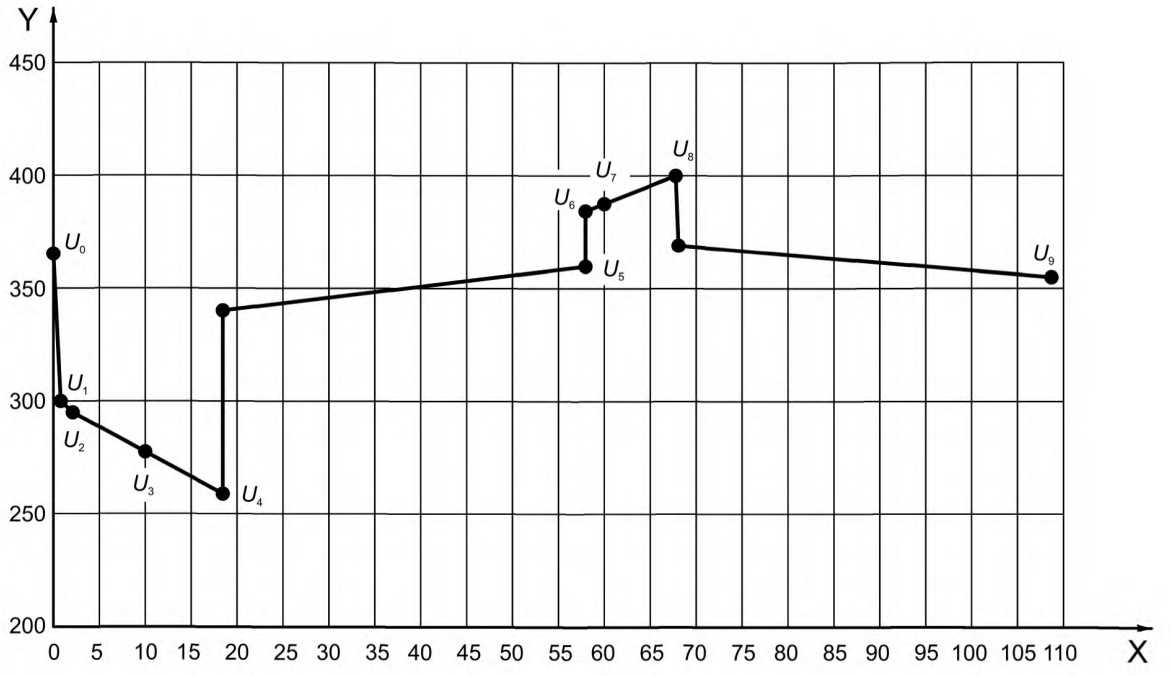
Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток
0	0	0
18	18	$I_{рр.и,макс.}$
40	58	0
10	68	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$
40	108	0

На рисунке 2 показан пример, когда максимальная величина тока разряда в импульсе $I_{рр.и,макс.}$ составляет 20*C*. Ток разряда считается положительным, а ток заряда — отрицательным. Максимальная величина импульса тока разряда $I_{рр.и,макс.}$ для снятия характеристик мощности импульсного режима устанавливается поставщиком.



X — время, с; Y — ток $I_{рр.и,макс.}$, %; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 2 — Профиль величины тока при характеризации мощности импульсного режима



X — время, с; Y — напряжение блока или системы (в качестве примера), В

Рисунок 3 — Профиль величины напряжения при характеризации мощности импульсного режима

Примечание — Значения напряжения на рисунке 3 приведены в качестве примера и относятся к батарейному блоку или системе. Значения напряжения могут варьироваться в зависимости от электрохимической системы батареи, температуры, СЗ и т. д.

Значения пиковой мощности, мощности рекуперативного заряда и сопротивления, напряжение и ток на выводах батареи должны измеряться в моменты времени, указанные в таблице 6.

Если испытательное оборудование не позволяет обеспечить ток с необходимой точностью в промежутке времени 100 мс после изменения в профиле тока, расчет мощности и сопротивления в данном шаге испытаний не проводится.

Таблица 6 — Измеряемые значения напряжения и тока

Время t, с	Величина тока	Напряжение	Ток
0	U_0	I_0	0
0,1	U_1	I_1	$I_{рр.и,макс.}$
2	U_2	I_2	$I_{рр.и,макс.}$
10	U_3	I_3	$I_{рр.и,макс.}$
18	U_4	I_4	$I_{рр.и,макс.}$
58	U_5	I_5	0
58,1	U_6	I_6	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$
60	U_7	I_7	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$
68	U_8	I_8	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$
108	U_9	I_9	0

Далее, в соответствии с таблицей 7, должны быть рассчитаны значения сопротивления и мощности.

Таблица 7 — Расчет сопротивления и мощности

Величина	Расчетная формула	Δt, с
Сопротивление при разряде 0,1 с	$R_{вн.,0,1с,рр.} = (U_0 - U_1)/I_1$	0,1
Сопротивление при разряде 2 с	$R_{вн.,2с,рр.} = (U_0 - U_2)/I_2$	2
Сопротивление при разряде 10 с	$R_{вн.,10с,рр.} = (U_0 - U_3)/I_3$	10
Сопротивление при разряде 18 с	$R_{вн.,18с,рр.} = (U_0 - U_4)/I_4$	18
Общее сопротивление при разряде	$R_{вн.рр.} = (U_5 - U_4)/I_4$	40
Сопротивление при заряде 0,1 с	$R_{вн.,0,1с,зр.} = (U_5 - U_6)/I_6$	0,1
Сопротивление при заряде 2 с	$R_{вн.,2с,зр.} = (U_5 - U_7)/I_7$	2
Сопротивление при заряде 10 с	$R_{вн.,10с,зр.} = (U_5 - U_8)/I_8$	10
Общее сопротивление при заряде	$R_{вн.зр.} = (U_9 - U_8)/I_8$	40
Мощность при разряде 0,1 с	$P_{0,1с,рр.} = U_1 \cdot I_1$	0,1
Мощность при разряде 2 с	$P_{2с,рр.} = U_2 \cdot I_2$	2
Мощность при разряде 10 с	$P_{10с,рр.} = U_3 \cdot I_3$	10
Мощность при разряде 18 с	$P_{18с,рр.} = U_4 \cdot I_4$	18
Мощность при рекуперативном заряде 0,1 с	$P_{0,1с,зр.} = U_6 \cdot I_6$	0,1
Мощность при рекуперативном заряде 2 с	$P_{2с,зр.} = U_7 \cdot I_7$	2
Мощность при рекуперативном заряде 10 с	$P_{10с,зр.} = U_8 \cdot I_8$	10
Напряжение открытой цепи	$U_{НРЦ} = U_0$	

7.3.2.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Цель данного режима — определить мощность импульсного разряда (0,1 с, 2 с, 5 с, 10 с, 18 с, 18,1 с, 20 с, 30 с, 60 с, 90 с и 120 с), а также мощность заряда импульсной рекуперации (в течение 0,1 с, 2 с, 10 с и 20 с) при различных СЗ и температурах. По правилам испытаний используется постоянная величина тока, основанная на установленной поставщиком для температуры испытаний величине максимального тока разряда в импульсе $I_{рр.и,макс.}$ По соглашению с потребителем эта величина может быть уменьшена. Если напряжение на ОИ в процессе разряда достигает величины $U_к$, ток должен быть уменьшен таким образом, чтобы напряжение на выводах батареи не достигало величины $U_к$ в течение 120 с импульса разряда. Ток импульсного заряда рекуперации должен быть постоянным, а его значение должно рассчитываться как 75 % от тока в импульсе разряда. Если ОИ в процессе заряда достигает предельной величины напряжения заряда, ток должен быть уменьшен таким образом, чтобы напряжение на выводах батареи не превышало величины предельного напряжения заряда в течение 20 с зарядного импульса рекуперации.

Режим испытаний начинается с импульса разряда током величиной $I_{рр.и,макс.}$ продолжительностью 18 с, с последующим импульсом $0{,}75I_{рр.и,макс.}$ в течение 102 с и с последующей выдержкой в состоянии покоя в течение 40 с для того, чтобы измерить поляризационное сопротивление аккумулятора. После периода выдержки производится зарядный импульс в течение 20 с током, равным 75 % от величины $I_{рр.и,макс.}$ для определения возможности рекуперативного заряда. После импульса заряда должна следовать выдержка (отдых) батареи в течение 40 с (значения тока и времен см. также таблицу 8 и рисунок 4).

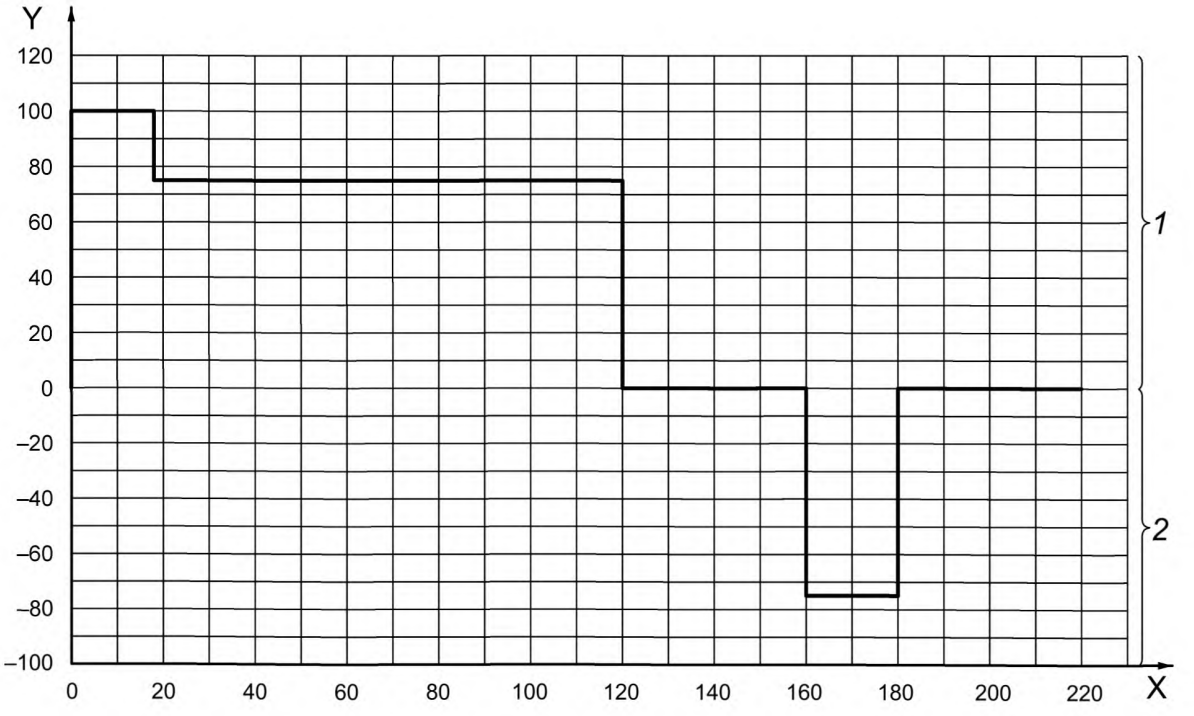
Примечание — При испытании батарейных систем БКБ передает по коммуникационной шине максимально допустимые рабочие пределы ОИ, зависящие, например, от фактической температуры и СЗ ОИ, что позволяет оборудованию испытательного стенда поддерживать испытуемое устройство в требуемых диапазонах

рабочих условий. Для испытаний батарейных блоков поставщик передает все необходимые ограничения рабочих параметров для ОИ для того, чтобы настроить оборудование испытательного стенда для поддержания ОИ в заданных рабочих условиях.

Таблица 8 — Режим снятия характеристик мощности в импульсе

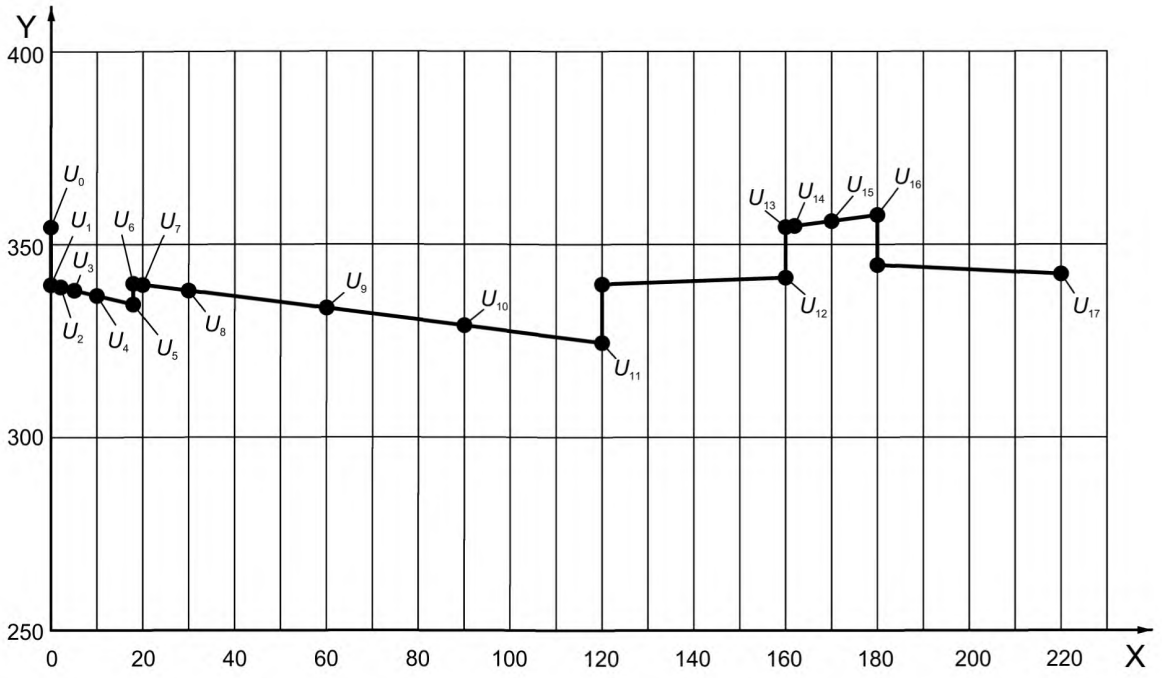
Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток
0	0	0
18	18	$I_{рр.и,макс.}$
102	120	0,75 $I_{рр.и,макс.}$
40	160	0
20	180	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$
40	220	0

На рисунке 4 показан пример, когда максимальная величина тока разряда в импульсе составляет $I_{рр.и,макс.}$ Ток разряда считается положительным, а ток заряда — отрицательным. Максимальная величина импульса тока разряда $I_{рр.и,макс.}$ для снятия характеристик мощности импульсного режима устанавливается поставщиком.



X — время, с; Y — ток $I_{рр.и,макс.}$, %; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 4 — Профиль величины тока при характеризации мощности импульсного режима



X — время, с; Y — напряжение блока или системы (в качестве примера), В

Рисунок 5 — Профиль величины напряжения при характеризации мощности импульсного режима

Примечание — Значения напряжения на рисунке 5 приведены в качестве примера и относятся к батарейному блоку или системе. Значения напряжения могут варьироваться в зависимости от электрохимической системы батареи, температуры, СЗ и т. д.

Значения пиковой мощности, мощности рекуперативного заряда и сопротивления, напряжение и ток на выводах батареи должны измеряться в моменты времени, указанные в таблице 9.

Если испытательное оборудование не позволяет обеспечить ток с необходимой точностью в промежутке времени 100 мс после изменения в профиле тока, расчет мощности и сопротивления в данном шаге испытаний не проводится.

Таблица 9 — Измеряемые значения напряжения и тока

Время t, с	Величина тока	Напряжение	Ток
0	0	U_0	I_0
0,1	$I_{рр.и,макс.}$	U_1	I_1
2	$I_{рр.и,макс.}$	U_2	I_2
5	$I_{рр.и,макс.}$	U_3	I_3
10	$I_{рр.и,макс.}$	U_4	I_4
18	$I_{рр.и,макс.}$	U_5	I_5
18,1	0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_6	I_6
20	0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_7	I_7
30	0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_8	I_8
60	0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_9	I_9

Окончание таблицы 9

Время t, с	Величина тока	Напряжение	Ток
90	0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_{10}	I_{10}
120	0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_{11}	I_{11}
160	0	U_{12}	I_{12}
160,1	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_{13}	I_{13}
162	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_{14}	I_{14}
170	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_{15}	I_{15}
180	−0,75 $I_{рр.и,макс.}$	U_{16}	I_{16}
220	0	U_{17}	I_{17}

Далее, в соответствии с таблицей 10, должны быть рассчитаны значения сопротивления и мощности.

Таблица 10 — Расчет сопротивления и мощности

Величина	Расчетная формула	Δt, с
Сопротивление при разряде 0,1 с	$R_{вн.0,1с,рр} = (U_0 - U_1) / I_1$	0,1
Сопротивление при разряде 2 с	$R_{вн.2с,\ рр} = (U_0 - U_2) / I_2$	2
Сопротивление при разряде 5 с	$R_{вн.5с,рр} = (U_0 - U_3) / I_3$	5
Сопротивление при разряде 10 с	$R_{вн.10с,рр} = (U_0 - U_4) / I_4$	10
Сопротивление при разряде 18 с	$R_{вн.18с,рр} = (U_0 - U_5) / I_5$	18
Сопротивление при разряде 18,1 с	$R_{вн.\ 18,1с,рр} = (U_0 - U_6) / I$	18,1
Сопротивление при разряде 20 с	$R_{вн.20с,рр} = (U_0 - U_7) / I_7$	20
Сопротивление при разряде 30 с	$R_{вн.30с,рр} = (U_0 - U_8) / I_8$	30
Сопротивление при разряде 60 с	$R_{вн.60с,рр} = (U_0 - U_9) / I_9$	60
Сопротивление при разряде 90 с	$R_{вн.90с,рр} = (U_0 - U_{10}) / I_{10}$	90
Сопротивление при разряде 120 с	$R_{вн.120с,рр} = (U_0 - U_{11}) / I_{11}$	120
Общее сопротивление при разряде	$R_{вн.рр} = (U_{12} - U_{11}) / I_{11}$	40
Сопротивление при заряде 0,1 с	$R_{вн.0,1с,зр} = (U_{12} - U_{13}) / I_{13}$	0,1
Сопротивление при заряде 2 с	$R_{вн.2с,зр} = (U_{12} - U_{14}) / I_{14}$	2
Сопротивление при заряде 10 с	$R_{вн.10с,зр} = (U_{12} - U_{15}) / I_{15}$	10
Сопротивление при заряде 20 с	$R_{вн.20с,зр} = (U_{12} - U_{16}) / I_{16}$	20
Общее сопротивление при заряде	$R_{вн.зр} = (U_{16} - U_{17}) / I_{17}$	20
Мощность при разряде 0,1 с	$P_{0,1с,рр} = U_1 \cdot I_1$	0,1
Мощность при разряде 2 с	$P_{2с,рр} = U_2 \cdot I_2$	2
Мощность при разряде 5 с	$P_{5с,рр} = U_3 \cdot I_3$	5
Мощность при разряде 10 с	$P_{10с,рр} = U_4 \cdot I_4$	10

Окончание таблицы 10

Величина	Расчетная формула	Δt, с
Мощность при разряде 18 с	$P_{18с,рр} = U_5 \cdot I_5$	18
Мощность при разряде 18,1 с	$P_{18,1с,рр} = U_6 \cdot I_6$	18,1
Мощность при разряде 20 с	$P_{20с,рр} = U_7 \cdot I_7$	20
Мощность при разряде 30 с	$P_{30с,рр} = U_8 \cdot I_8$	30
Мощность при разряде 60 с	$P_{60с,рр} = U_9 \cdot I_9$	60
Мощность при разряде 90 с	$P_{70с,рр} = U_{10} \cdot I_{10}$	90
Мощность при разряде 120 с	$P_{120с,рр} = U_{11} \cdot I_{11}$	120
Мощность при заряде 0,1 с	$P_{0,1с,зр} = U_{13} \cdot I_{13}$	0,1
Мощность при заряде 2 с	$P_{2с,зр} = U_{14} \cdot I_{14}$	2
Мощность при заряде 10 с	$P_{10с,зр} = U_{15} \cdot I_{15}$	10
Мощность при заряде 20 с	$P_{20с,зр} = U_{16} \cdot I_{16}$	20
Напряжение открытой цепи	$U_{НРЦ} = U_{17}$	

7.3.3 Метод испытания

7.3.3.1 Высокомощные батарейный блок и система

Испытания должны быть проведены при пяти различных температурах (40 °С, КТ, 0 °С, –10 °С и –18 °С), СЗ при этом должна находиться в диапазоне от 80 до 20 %, принимая последовательно следующие дискретные значения: 80 %, 65 %, 50 %, 35 % и 20 %, причем последнее значение степени заряженности (20 %) должно быть использовано только в том случае, если максимальный ток разряда ОИ не более величины 10*C*, чтобы избежать глубокого разряда испытуемого устройства.

До начала испытаний при каждом из установленных значений температуры ОИ должен пройти предварительную подготовку при КТ в соответствии с требованиями теплового равновесия, приведенными в 5.1 с последующей процедурой ЗРС, как описано в 6.2.2.3.1 для дозаряда, а также ЦС в соответствии с 6.2.

Далее ОИ должен быть подготовлен при требуемом значении температуры испытаний в соответствии с требованиями теплового равновесия, приведенными в 5.1, с последующей процедурой ЗРС, как описано в 6.2.2.3.1. Процедура ЗРС необходима, чтобы привести ОИ к 100 % СЗ при требуемом значении температуры испытаний перед снятием характеристик мощности в импульсе.

На следующем этапе полностью заряженный ОИ должен подвергнуться разряду током 1*C* до 80 % СЗ и последующей выдержке в состоянии покоя в течение не менее 30 мин.

Затем необходимо провести снятие характеристик мощности в импульсе в соответствии с 7.3.2.1.

Достижение следующей СЗ (65 %, 50 %, 35 % и 20 %) проводится путем разряда током 1*C* с последующим периодом выдержки 30 мин. Затем, для каждого из значений СЗ проводится снятие характеристик мощности в импульсе в соответствии с 7.3.2.1.

Примечание — Испытание при СЗ 20 % проводят только в случае возможности такой СЗ.

По окончании испытания по характеризации импульсной мощности при 20%-ном уровне СЗ должен быть выполнен ЗРС.

Осуществление выборки данных, особенно для напряжения и тока ОИ, должно быть выполнено с подходящей для этого скоростью снятия данных, например 10 с[1)].

Подробное описание последовательности этапов испытаний приведено в таблице 11.

[1)] Обычно достаточным считается частота снятия информации, обеспечивающая минимум 10 точек измерения на одну ступень профиля (справка разработчика стандарта).

Таблица 11 — Последовательность этапов испытаний по определению мощности и внутреннего сопротивления

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Дозаряд	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.2	Дозаряд	КТ
2.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	КТ
2.4	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
3.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
3.2	Дозаряд	КТ
3.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
4.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
4.2	Дозаряд	40 °С
4.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	40 °С
4.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
5.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
5.2	Дозаряд	КТ
5.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
6.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
6.2	Дозаряд	0 °С
6.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	0 °С
6.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
7.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7.2	Дозаряд	КТ
7.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
8.1	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
8.2	Дозаряд	−10 °С
8.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	−10 °С
8.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−10 °С
9.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
9.2	Дозаряд	КТ
9.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
10.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °С
10.2	Дозаряд	−18 °С
10.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	−18 °С
10.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °С

Окончание таблицы 11

Этап	Процедура	Температура испытаний
11.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
11.2	Дозаряд	КТ
11.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
12.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
12.2	Дозаряд	КТ
12.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	КТ
12.4	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Процедура ЗРС при различных температурах должна проводиться в соответствии с 6.2.2.3.1.

Процедура ЦС должна проводиться в соответствии с 6.2.

Все испытания на разряд должны быть ограничены достижением $U_к$, указанного поставщиком.

Примечание — ЗРС для дозаряда позволяет восполнить заряд ОИ для компенсации возможных потерь энергии на этапе установления теплового равновесия.

7.3.3.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

Испытания должны быть проведены при шести различных температурах (40 °С, КТ, 0 °С, –10 °С, –18 °С и –25 °С), СЗ при этом должна находиться в диапазоне от 90 до 20 %, принимая последовательно следующие дискретные значения: 90 %, 70 %, 50 %, 35 % и 20 %, причем последнее значение степени заряженности (20 %) должно быть использовано только в том случае, если максимальный ток разряда ОИ не более величины 5 С, чтобы избежать глубокого разряда ОИ.

До начала испытаний при каждом из установленных значений температуры ОИ должен пройти предварительную подготовку при КТ в соответствии с требованиями теплового равновесия, приведенными в 5.1, с последующей процедурой ЗРС, как описано в 6.2.2.3.2, а также ЦС в соответствии с 6.2.

Далее ОИ должен быть подготовлен при требуемом значении температуры испытаний в соответствии с требованиями теплового равновесия, приведенными в 5.1, с последующей процедурой ЗРС, как описано в 6.2.2.3.2. Процедура ЗРС необходима, чтобы привести ОИ к 100 % СЗ при требуемом значении температуры испытаний перед снятием характеристик мощности в импульсе.

На следующем этапе полностью заряженный ОИ должен подвергнуться разряду током *C*/3 до СЗ 90 % и последующей выдержке в течение не менее 30 мин.

Примечание — Разряд током *C*/3 длительностью 108 с приведет к снижению СЗ на 1 %.

Затем необходимо провести снятие характеристик мощности в импульсе в соответствии с 7.3.2.2.

Достижение следующей СЗ (70 %, 50 %, 35 % и 20 %[1)]) проводится путем разряда током *C*/3 с последующим периодом выдержки 30 мин. Затем для каждого из значений СЗ проводится снятие характеристик мощности в импульсе в соответствии с 7.3.2.2.

Примечание — При расчете времени разряда током *C*/3, необходимого для достижения требуемой величины степени заряженности следующего этапа, необходимо учитывать количество электричества, А·ч, отобранного в течение предыдущего испытания характеризации мощности.

По окончании испытания по характеризации импульсной мощности при 20%-ном уровне СЗ должен быть выполнен ЗРС.

Осуществление выборки данных, особенно для напряжения и тока ОИ, должно быть выполнено со скоростью снятия данных, соответствующей используемому профилю, описанному на рисунке 5 и в таблице 9. Требуется минимум 10 точек измерения на одну ступень профиля.

Подробное описание последовательности этапов испытаний приведено в таблице 12.

[1)] При наличии возможности.

Таблица 12 — Последовательность этапов испытаний по определению мощности и внутреннего сопротивления

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Дозаряд	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.2	Дозаряд	КТ
2.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	КТ
2.4	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
3.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
3.2	Дозаряд	КТ
3.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
4.1	Приведение к тепловому равновесию	40 °С
4.2	Дозаряд	40 °С
4.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	40 °С
4.4	Стандартный заряд (ЗРС)	40 °С
5.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
5.2	Дозаряд	КТ
5.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
6.1	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
6.2	Дозаряд	0 °С
6.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	0 °С
6.4	Стандартный заряд (ЗРС)	0 °С
7.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7.2	Дозаряд	КТ
7.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
8.1	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
8.2	Дозаряд	−10 °С
8.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	−10 °С
8.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−10 °С
9.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
9.2	Дозаряд	КТ
9.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
10.1	Приведение к тепловому равновесию	−18 °С
10.2	Дозаряд	−18 °С
10.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	−18 °С
10.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−18 °С

Окончание таблицы 12

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
11.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
11.2	Дозаряд	КТ
11.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
12.1	Приведение к тепловому равновесию	−25 °С
12.2	Дозаряд	−25 °С
12.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	−25 °С
12.4	Стандартный заряд (ЗРС)	−25 °С
13.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
13.2	Дозаряд	КТ
13.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
14.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
14.2	Дозаряд	КТ
14.3	Снятие характеристик мощности в импульсе	КТ
14.4	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Процедура ЗРС при различных температурах должна проводиться в соответствии с 6.2.2.3.2.

Процедура ЦС должна проводиться в соответствии с 6.2.

Все испытания на разряд должны быть ограничены достижением $U_к$, указанного поставщиком.

Примечание — Дозаряд позволяет восполнить заряд ОИ для компенсации возможных потерь энергии на этапе установления теплового равновесия.

7.3.4 Требования

7.3.4.1 Высокомощные батарейный блок и система

С использованием формул, приведенных в 7.3.2.1, должны быть получены следующие данные:

- мощность разряда в импульсах 0,1 с, 2 с, 10 с и 18 с как функция СЗ и температуры;
- рекуперативная мощность для импульсов длительностью 0,1 с, 2 с и 10 с как функция СЗ и температуры;
- значения сопротивления при разряде импульсами длительностью 0,1 с, 2 с, 10 с и 18 с, а также общего сопротивления как функция СЗ и температуры;
- значения сопротивления при заряде импульсами длительностью 0,1 с, 2 с и 10 с, а также общего сопротивления как функция СЗ и температуры;
- НРЦ как функция СЗ и температуры;
- отклонение данных от первого и последнего испытаний при КТ при наличии;
- если возникала необходимость уменьшить ток заряда или разряда из-за ограничений, вызванных достижением предельных напряжений, рассчитанные значения внутреннего сопротивления должны быть четко выделены в протоколе испытаний и в таблицах результатов.

7.3.4.2 Высокоэнергоемкие батарейный блок и система

С использованием формул, приведенных в 7.3.2.2, должны быть получены следующие данные:

- мощность разряда в импульсах 0,1 с, 2 с, 5 с, 10 с, 18 с, 18,1 с, 30 с, 60 с, 90 с и 120 с как функция СЗ и температуры;
- рекуперативная мощность для импульсов длительностью 0,1 с, 2 с, 10 с и 20 с как функция СЗ и температуры;
- значения сопротивления при разряде импульсами длительностью 0,1 с, 2 с, 5 с, 10 с, 18 с, 18,1 с, 30 с, 60 с, 90 с и 120 с, а также общего сопротивления как функция СЗ и температуры;

- значения сопротивления при заряде импульсами длительностью 0,1 с, 2 с, 10 с и 20 с, а также общего сопротивления как функция СЗ и температуры;
- НРЦ как функция СЗ и температуры;
- отклонение данных от первого и последнего испытаний при КТ при наличии;
- температура ОИ в проводимых испытаниях в зависимости от времени;
- если возникала необходимость уменьшить ток заряда или разряда из-за ограничений, вызванных достижением предельных напряжений, рассчитанные значения внутреннего сопротивления должны быть четко выделены в протоколе испытаний и в таблицах результатов.

7.4 Снижение степени заряженности (саморазряд) без нагрузки

7.4.1 Цель

Целью данных испытаний является измерение уменьшения СЗ батарейной системы в том случае, если она не используется в течение длительного периода времени. Такие испытания соответствуют случаю, когда транспортное средство находится в режиме парковки без подзаряда в течение длительного периода времени и, следовательно, батарейная система не может быть поставлена на заряд. Уменьшение СЗ без нагрузки, если это имеет место, может быть обусловлено саморазрядом, который обычно зависит от времени, или же другими процессами, вызывающими постоянное или непостоянное уменьшение СЗ.

Данные испытания применяются только к батарейным системам.

7.4.2 Метод испытания

7.4.2.1 Высокомощная батарейная система

Уменьшение СЗ без нагрузки должно измеряться на полностью укомплектованной и полностью работоспособной батарейной системе. Для того чтобы иметь возможность контролировать необходимые функции батареи в течение периода выдержки, например:

a) балансировку аккумуляторов батарейной системы;

b) периодическое включение БКБ,

БКБ должно быть обеспечено электропитанием от вспомогательного источника энергии (например, напряжением 12 В постоянного тока).

Уменьшение СЗ без нагрузки, помимо неизбежной составляющей саморазряда самих аккумуляторов, включает любые возможные паразитные или функциональные разрядные составляющие, возникающие в схеме балансировки аккумуляторов.

Уровень снижения СЗ батарейной системы без нагрузки должен быть измерен в течение трех различных периодов времени выдержки и при двух различных значениях температуры. Батарейная система должна быть приведена к 80 % СЗ (или к СЗ, согласованному между поставщиком и потребителем), а затем оставлена с разомкнутой цепью в течение определенного времени. БКБ должен быть в состоянии осуществлять функции управления (например, балансировку аккумуляторов и периодическое включение). После периода выдержки должен быть определен оставшийся уровень СЗ проведением разряда током 1*C* при КТ.

Испытания должны быть проведены в камере с автоматическим поддержанием температуры при заданных значениях в соответствии с последовательностями, приведенными в таблицах 13 и 14. Перед каждым испытательным циклом при конкретной температуре батарея должна быть выдержана при температуре испытаний не менее 12 ч. Это время можно сократить при условии, если достигнута температурная стабилизация и разница температур между отдельными аккумуляторами в течение 1 ч не превышает 4 °С.

Температуры:	КТ и 40 °С.
Стандартный цикл:	Для того чтобы обеспечить проведение каждого испытания батарейной системы при одинаковых начальных условиях, перед каждым испытанием должен быть проведен ЦС в соответствии с 6.2.
Режим разряда:	Батарейная система должна быть разряжена до 80 % СЗ (или до СЗ, согласованного между поставщиком и потребителем) током 1*C*.
Период выдержки:	24 ч (1 сут), 168 ч (7 сут) и 720 ч (30 сут).
Дополнительная электроэнергия:	Дополнительное потребление энергии (например, 12 В постоянного тока) для БКБ и в случае необходимости для других электронных устройств батарейной системы должно измеряться непрерывно в ватт-часах (Вт·ч) на протяжении каждого периода выдержки.

7.4.2.2 Высокоэнергоемкая батарейная система

Уменьшение СЗ без нагрузки должно измеряться на полностью укомплектованной и полностью работоспособной батарейной системе. Для того чтобы иметь возможность контролировать необходимые функции батареи в течение периода выдержки, например:

a) балансировку аккумуляторов батарейной системы;

b) периодическое включение БКБ,

БКБ должно быть обеспечено электропитанием от вспомогательного источника энергии (например, напряжением 12 В постоянного тока).

Уменьшение СЗ без нагрузки помимо неизбежной составляющей саморазряда самих аккумуляторов включает любые возможные паразитные или функциональные разрядные составляющие, возникающие в схеме балансировки аккумуляторов.

Уровень снижения СЗ батарейной системы без нагрузки должен измеряться в течение трех различных периодов времени выдержки и при двух различных значениях температуры. Батарейная система должна быть приведена к 100 % СЗ стандартным циклом (ЦС), а затем оставлена с разомкнутой цепью в течение определенного времени. БКБ должен быть в состоянии осуществлять функции управления (например, балансировка аккумуляторов и периодическое включение). После периода выдержки должен быть определен оставшийся уровень СЗ проведением разряда током *C*/3 при КТ.

Испытания должны быть проведены в камере с автоматическим поддержанием температуры при заданных значениях в соответствии с последовательностями, приведенными в таблицах 15 и 16. Перед каждым испытательным циклом при конкретной температуре батарея должна быть выдержана при температуре испытаний не менее 12 ч. Это время можно сократить при условии, если достигнута температурная стабилизация и разница температур между отдельными аккумуляторами в течение 1 ч не превышает 4 °С.

Температуры: КТ и 40 °С.

Стандартный цикл: Для того чтобы обеспечить проведение каждого испытания батарейной системы при одинаковых начальных условиях, перед каждым испытанием должен быть проведен ЦС в соответствии с 6.2.

Режим разряда: После выполнения ЦС батарейную систему требуется не разряжать, величина СЗ должна быть 100 %. По соглашению между поставщиком и потребителем величина СЗ может быть снижена, и в этом случае батарейная система после выполнения стандартного цикла должна быть разряжена током *C*/3 до согласованной величины СЗ перед выдержкой.

Период выдержки: 48 ч (2 сут), 168 ч (7 сут) и 720 ч (30 сут).

Дополнительная электроэнергия: Дополнительное потребление энергии (например, 12 В постоянного тока) для БКБ и в случае необходимости для других электронных устройств батарейной системы должно измеряться непрерывно в ватт-часах (Вт·ч) на протяжении каждого периода выдержки.

Примечание — Испытания могут быть выполнены последовательно с одним ОИ или параллельно с несколькими ОИ.

7.4.3 Последовательность испытаний

7.4.3.1 Высокомощная батарейная система

Последовательность проведения первой стадии испытаний (при выдержке при КТ) приведена в таблице 13.

Таблица 13 — Последовательность испытаний на снижение СЗ без нагрузки при КТ

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.4	Разряд током 1*C* до 80 % СЗ	КТ
1.5	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 24 ч	КТ

Окончание таблицы 13

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.6	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.7	Разряд током 1*C* до 80 % СЗ	КТ
1.8	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 168 ч	КТ
1.9	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.10	Разряд током 1*C* до 80 % СЗ	КТ
1.11	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 720 ч	КТ
1.12	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Все испытания на разряд должны быть ограничены достижением $U_к$, указанного поставщиком.

Последовательность проведения второй стадии испытаний (при выдержке при 40 °С или большей, согласованной между поставщиком и потребителем) приведена в таблице 14.

Таблица 14 — Последовательность испытаний на снижение СЗ без нагрузки при температуре 40 °С (или большей)

Этап	Процедура	Температура испытаний
2.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.4	Разряд током 1*C* до 80 % СЗ	КТ
2.5	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 24 ч	40 °С (или большая)
2.6	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.7	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.8	Разряд током 1*C* до 80 % СЗ	КТ
2.9	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 168 ч	40 °С (или большая)
2.10	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.11	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.12	Разряд током 1*C* до 80 % СЗ	КТ
2.13	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 720 ч	40 °С (или большая)
2.14	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.15	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Все испытания на разряд должны быть ограничены достижением $U_к$, указанного поставщиком.

7.4.3.2 Высокоэнергоемкая батарейная система

Последовательность проведения первой стадии испытаний (при выдержке при КТ) приведена в таблице 15.

Таблица 15 — Последовательность испытаний на снижение СЗ без нагрузки при КТ

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Окончание таблицы 15

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.4	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 48 ч	КТ
1.5	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.6	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 168 ч	КТ
1.7	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.8	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 720 ч	КТ
1.9	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Все испытания на разряд должны быть ограничены достижением $U_к$, указанного поставщиком.

Примечание — Остаточная емкость будет измеряться при выполнении этапов 1.5, 1.7 и 1.9 во время PPC, который является первой частью ЦС при данных испытаниях.

Последовательность второго этапа испытаний (при выдержке при 40 °С или большей, согласованной между поставщиком и потребителем) приведена в таблице 16.

Таблица 16 — Последовательность испытаний на снижение СЗ без нагрузки при температуре 40 °С (или большей)

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
2.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.4	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 48 ч	40 °С (или большая)
2.5	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.6	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.7	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 168 ч	40 °С (или большая)
2.8	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.9	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.10	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 720 ч	40 °С (или большая)
2.11	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.12	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Все испытания на разряд должны быть ограничены достижением $U_к$, указанного поставщиком.

Примечание — Остаточная емкость будет измеряться при выполнении этапов 2.6, 2.9 и 2.12 во время PPC, который является первой частью ЦС при данных испытаниях.

7.4.4 Требования

7.4.4.1 Высокомощная батарейная система

Должно быть зафиксировано значение остаточной СЗ от исходной 80 % СЗ при разряде током режима 1*C*. Уменьшение энергии и СЗ после каждого периода выдержки должно быть выражено в процентах от исходной 80 % СЗ.

Дополнительное потребление энергии (12 В постоянного тока) для БКБ и в случае необходимости для других электронных устройств батарейной системы должно быть выражено в ватт-часах (Вт·ч) для каждого периода выдержки.

Должны быть представлены графики, отражающие характер изменения остаточной емкости в течение трех периодов выдержки и при каждом из двух значений температур испытаний.

7.4.4.2 Высокоэнергоемкая батарейная система

Должно быть зафиксировано значение остаточной СЗ от исходной 100 % СЗ при разряде током режима *C*/3. Уменьшение энергии и СЗ после каждого периода выдержки должно быть выражено в процентах от исходной 100 % СЗ.

Дополнительное потребление энергии (12 В постоянного тока) для БКБ и в случае необходимости для других электронных устройств батарейной системы должно быть выражено в ватт-часах (Вт·ч) для каждого периода выдержки.

Должны быть представлены графики, отражающие характер изменения остаточной емкости в течение трех периодов выдержки и при каждом из двух значений температур испытаний.

7.5 Снижение степени заряженности (саморазряд) при хранении

7.5.1 Цель

Целью данных испытаний является измерение снижения СЗ при хранении батарейной системы в течение длительного времени. Такие испытания соответствуют случаю, когда батарейная система отгружается от поставщика потребителю. Снижение СЗ при хранении, если это имеет место, может быть вызвано саморазрядом, обычно зависящим от времени, или другими процессами, вызывающими постоянное или непостоянное уменьшение СЗ.

Данные испытания применяются только к батарейным системам.

7.5.2 Метод испытания

Потери СЗ при хранении должны измеряться на полностью укомплектованной батарейной системе. На протяжении всего периода хранения все выводы батарейной системы должны быть отсоединены (например, соединения контура с напряжением класса В, соединения контура с напряжением класса А и системы охлаждения). Сервисное устройство отключения, при наличии, также должно быть выключено.

Потеря СЗ при хранении батарейной системы должна измеряться после периода выдержки 720 ч (30 сут) при температуре окружающей среды 45 °С, начиная с величины СЗ 50 % или большей по соглашению между поставщиком и потребителем.

Остаточный уровень СЗ после периода хранения должен быть определен при разряде током 1*C* для высокомощных и *C*/3 для высокоэнергоемких батарейных систем.

Испытания на снижение СЗ при хранении должны быть проведены в камере с автоматическим поддержанием заданной температуры в соответствии с последовательностью, приведенной в таблице 17.

Температуры: 45 °С.

Стандартный цикл: Для того чтобы обеспечить проведение каждого испытания батарейной системы в одинаковых начальных условиях, перед каждым испытанием на потерю СЗ при хранении должен быть проведен ЦС в соответствии с 6.2.

Режим разряда: Батарейную систему следует разрядить до 50 % СЗ током 1*C* для высокомощных и *C*/3 для высокоэнергоемких систем. По соглашению между поставщиком и потребителем данный уровень СЗ может быть увеличен.

Период выдержки: 720 ч (30 дней).

Дополнительная электроэнергия: В течение периода выдержки все соединения батарейной системы должны быть разомкнуты.

Сервисное устройство отключения: Сервисное устройство отключения, при наличии, должно быть выключено.

7.5.3 Последовательность испытаний

В таблице 17 приведена последовательность испытаний на снижение СЗ при хранении.

Таблица 17 — Последовательность испытаний на снижение СЗ при хранении

Этап	Процедура	Температура испытаний
1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Окончание таблицы 17

Этап	Процедура	Температура испытаний
3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
4	Высокомощная батарейная система: разряд током 1*C* до 50 % СЗ Высокоэнергоемкая батарейная система: разряд током *C*/3 до 50 % СЗ	КТ
5	Период выдержки с отключенными соединениями напряжений класса А и В, а также сервисного устройства отключения в течение 720 ч	45 °С
6	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1	Приведение к тепловому равновесию	КТ

Все испытания на разряд должны быть прерваны, если напряжение системы достигло $U_к$, указанного поставщиком.

Примечание — Остаточная емкость должна измеряться при выполнении этапа 7 во время РРС, который является первой частью ЦС.

7.5.4 Требования

7.5.4.1 Высокомощная батарейная система

Остаточная энергия при разряде в режиме 1*C* и снижение СЗ от начального СЗ, равного 50 %, должны быть зафиксированы. Потери энергии и СЗ после периода хранения должны быть выражены в процентах от начальной СЗ, равной 50 %.

7.5.4.2 Высокоэнергоемкая батарейная система

Остаточная энергия при разряде в режиме *C*/3 и СЗ от начального СЗ должны быть зафиксированы. Потери энергии и СЗ после периода хранения должны быть выражены в процентах от начальной СЗ.

7.6 Мощность прокручивания при пониженных температурах окружающей среды

7.6.1 Цель

Испытание по определению мощности прокручивания при пониженных температурах предназначено для измерения мощностных показателей при пониженных температурах. Соответствующие температуры должны составлять –18 °С, а по согласованию между поставщиком и заказчиком также и –30 °С. Цель заключается в создании базы данных о мощности при пониженных температурах, зависящей от времени.

Данные испытания применяются только к высокомощным батарейным системам.

7.6.2 Метод испытания

Испытание по определению мощности прокручивания при температуре –18 °С должно проводиться на самом низком допустимом уровне СЗ, установленном поставщиком, в соответствии с последовательностью испытаний, приведенной в таблице 18.

Таблица 18 — Последовательность этапов испытаний по определению мощности прокручивания при пониженных температурах (–18 °С)

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Окончание таблицы 18

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.4	Разряд полностью заряженного ОИ током режима 1*C* до 20 % СЗ или до наименьшей СЗ установленной поставщиком (минимальная СЗ)	КТ
1.5	Приведение к тепловому равновесию	−18 °C
1.6	Установка постоянного напряжения испытательного стенда на уровне минимально допустимого напряжения разряда системы в соответствии с рекомендациями поставщика на время 5 с и наблюдение зависимости «мощность — время». Максимальный ток не должен превышать значение, установленное поставщиком	−18 °C
1.7	Выдержка при разомкнутой цепи подачи питания в течение 10 с	−18 °C
1.8	Повторение этапов от 1.6 до 1.7 дважды	−18 °C
1.9	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.10	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Шаг выборки для снятия данных при испытании должен быть не более 50 мс.

Испытание по определению мощности прокручивания по согласовании между поставщиком и потребителем может быть проведено при температуре –30 °C при минимально допускаемом значении СЗ, установленном поставщиком в соответствии с последовательностью испытаний, указанной в таблице 19.

Таблица 19 — Последовательность этапов испытаний по определению мощности прокручивания при пониженных температурах (–30 °C)

Этап	Процедура	Температура испытаний
2.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
2.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.4	Разряд полностью заряженного ОИ током режима 1*C* до 20 % СЗ или до наименьшей СЗ, установленной поставщиком (минимальная СЗ)	КТ
2.5	Приведение к тепловому равновесию	−30 °C
2.6	Установка постоянного напряжения испытательного стенда на уровне минимально допустимого напряжения разряда системы в соответствии с рекомендациями поставщика на время 5 с и наблюдение зависимости «мощность — время». Максимальный ток не должен превышать значение, установленное поставщиком	−30 °C
2.7	Выдержка при разомкнутой цепи подачи питания в течение 10 с	−30 °C
2.8	Повторение этапов от 2.6 до 2.7 дважды	−30 °C
2.9	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2.10	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Шаг выборки для снятия данных при испытании должен быть не более 50 мс.

Таблица 20 — Предельные значения напряжения при испытаниях по определению мощности прокручивания при пониженных температурах

Приращение времени, с	Суммарное время, с	Напряжение, используемое в ОИ, В
5	5	Минимально допускаемое напряжение разряда системы
10	15	Разомкнутая цепь подачи питания
5	20	Минимально допускаемое напряжение разряда системы
10	30	Разомкнутая цепь подачи питания
5	35	Минимально допускаемое напряжение разряда системы
10	45	Разомкнутая цепь подачи питания

Импульсы профиля режима должны выполняться в течение полных 5 с (даже если испытание по определению мощности должно быть ограничено минимальным допустимым разрядным напряжением), с тем чтобы обеспечить возможность последующего расчета мощности прокручивания при пониженных температурах (см. таблицу 20).

7.6.3 Требование

Результаты испытания должны быть представлены в графическом виде в форме изменения во времени значений мощности, тока, напряжения и температуры.

7.7 Мощность прокручивания при повышенных температурах окружающей среды

7.7.1 Цель

Испытание по определению мощности прокручивания при повышенной температуре предназначено для измерения мощностных показателей при повышенной температуре 50 °С или при максимальной температуре, установленной поставщиком. Цель заключается в создании базы данных о мощности при пониженных температурах, зависящей от времени.

Данные испытания применяются только к высокомощным батарейным системам.

7.7.2 Метод испытания

Испытание по определению мощности прокручивания при температуре 50 °С должно проводиться на самом низком допустимом уровне СЗ, установленном поставщиком, в соответствии с последовательностью испытаний, приведенной в таблице 21.

Таблица 21 — Последовательность этапов испытаний по определению мощности прокручивания при повышенной температуре (50 °С)

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
1.4	Разряд полностью заряженного ОИ током режима 1С до 20 % СЗ или до наименьшей СЗ, установленной поставщиком (минимальная СЗ)	КТ
1.5	Приведение к тепловому равновесию	50 °С (или максимальная температура, установленная поставщиком)
1.6	Установка постоянного напряжения испытательного стенда на уровне минимально допустимого напряжения разряда системы в соответствии с рекомендациями поставщика на время 5 с и наблюдение зависимости «мощность — время». Максимальный ток не должен превышать значение, установленное поставщиком	50 °С (или максимальная температура, установленная поставщиком)

Окончание таблицы 21

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.7	Выдержка при разомкнутой цепи подачи питания в течение 10 с	50 °С (или максимальная температура, установленная поставщиком)
1.8	Повторение этапов от 1.6 до 1.7 дважды	50 °С (или максимальная температура, установленная поставщиком)
1.9	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.10	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.11	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Шаг выборки для снятия данных при испытании должен быть не более 50 мс.

Таблица 22 — Предельные значения напряжения и тока при испытаниях по определению мощности прокручивания при повышенной температуре

Приращение времени, с	Суммарное время, с	Напряжение, В, и ток, А, используемые в ОИ
5	5	Минимально допускаемое напряжение разряда системы и максимально допускаемый ток разряда
10	15	Разомкнутая цепь
5	20	Минимально допускаемое напряжение разряда системы и максимально допускаемый ток разряда
10	30	Разомкнутая цепь
5	35	Минимально допускаемое напряжение разряда системы и максимально допускаемый ток разряда

Импульсы профиля режима должны выполняться в течение полных 5 с (даже если испытание по определению мощности должно быть ограничено минимальным допустимым разрядным напряжением), с тем чтобы обеспечить возможность последующего расчета мощности прокручивания при пониженных температурах (см. таблицу 22).

7.7.3 Требования

Результаты испытания должны быть представлены в графическом виде в форме изменения во времени значений мощности, тока, напряжения и температуры.

7.8 Энергетическая эффективность

7.8.1 Цель

Целью испытания является измерение энергетической эффективности при заряде-разряде расчетным путем, исходя из баланса заряда импульсного профиля. Для высокомощных батарейных систем энергетическая эффективность используемой батарейной системы имеет существенное значение для итоговой энергетической эффективности автомобиля в целом. Она оказывает непосредственное влияние на потребление топлива и уровень выбросов транспортных средств, оснащенных высокомощными батарейными системами.

Данные испытания применяются только к высокомощным батарейным системам.

7.8.2 Метод испытания

При испытании симулируют следующую дорожную ситуацию. Для ускорения, например при выезде на автостраду или при обгоне, водителю транспортного средства требуется максимальная мощность (максимальная мощность разряда батареи). После этого следует фаза движения с крейсерской скоростью в течение 40 с, во время которой батарея не нагружается. Во время следующей фазы происходит рекуперативное торможение, позволяющее в течение 10 с проводить заряд батареи. В действительности

реальная картина отличается из-за различий в системах привода для разных транспортных средств, однако описанный режим является общей базой для сравнения и оценки батарейных блоков и систем.

7.8.3 Метод испытания

Испытание проводят при следующих условиях:

- три различные температуры: КТ, 40 °С, 0 °С;
- три различные СЗ: 65 %, 50 %, 35 %;
- период выдержки: 30 мин перед каждым применением последовательности импульсов мощности для приведения в состояние равновесия;
- адекватный период выдержки в соответствии с 5.1 после изменения температуры для установления теплового равновесия.

Режим изменения тока при определении энергетической эффективности приведен в таблице 23.

Таблица 23 — Профиль испытания определения энергетической эффективности

Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток, А
0	0	0
12	12	$20C$ или $I_{рр.и,макс.}$
40	52	0
16	68	$-15C$ или $-0{,}75\ I_{рр.и,макс.}$
40	108	0

Баланс заряда, А·ч, в процессе выполнения последовательности импульсов тока должен быть нейтральным. Это означает, что восстановленная при заряде емкость должна точно соответствовать емкости, использованной в процессе разряда. В случае ограничения напряжения и ухудшения параметров по току в процессе выполнения последовательности импульсов должны учитываться только периоды нейтрального баланса разряда-заряда. Эти обстоятельства должны быть четко отражены в протоколе испытаний.

Оценка результатов:

- энергия в течение импульса разряда: интегрирование напряжения и тока разряда по времени;
- энергия в течение импульса заряда: интегрирование напряжения и тока заряда по времени.

Энергетическую эффективность η, %, рассчитывают как отношение энергии в течение импульса разряда к энергии в течение импульса заряда по формуле (1).

$$\eta = \frac{\left| \int_{t_{нач.}}^{t_{кон.}} U \cdot I_{рр} \cdot dt \right|}{\left| \int_{t_{нач.}}^{t_{кон.}} U \cdot I_{зр} \cdot dt \right|} \cdot 100,\ \% \qquad (1)$$

Ожидаемые значения составляют от 75 до 90 % в зависимости от химии и системы.

Испытания по определению энергоэффективности должны выполняться в соответствии с программой испытаний, приведенной в таблице 24.

Таблица 24 — Последовательность проведения испытания по определению энергетической эффективности

Этап	Процедура	Температура испытаний
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Разряд током 1C до СЗ 65 %	КТ

Окончание таблицы 24

Этап	Процедура	Температура испытаний
2.2	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	КТ
2.3	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 65 %	КТ
2.4	Разряд током 1*C* до СЗ 50 %	КТ
2.5	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	КТ
2.6	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 50 %	КТ
2.7	Разряд током 1*C* до СЗ 35 %	КТ
2.8	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	КТ
2.9	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 35 %	КТ
3.1	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
3.2	Приведение к тепловому равновесию	40 °C
4.1	Разряд током 1*C* до СЗ 65 %	40 °C
4.2	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	40 °C
4.3	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 65 %	40 °C
4.4	Разряд током 1*C* до СЗ 50 %	40 °C
4.5	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	40 °C
4.6	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 50 %	40 °C
4.7	Разряд током 1*C* до СЗ 35 %	40 °C
4.8	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	40 °C
4.9	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 35 %	40 °C
5.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
5.2	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
5.3	Приведение к тепловому равновесию	0 °C
6.1	Разряд током 1*C* до СЗ 65 %	0 °C
6.2	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	0 °C
6.3	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 65 %	0 °C
6.4	Разряд током 1*C* до СЗ 50 %	0 °C
6.5	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	0 °C
6.6	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 50 %	0 °C
6.7	Разряд током 1*C* до СЗ 35 %	0 °C
6.8	Выдержка в течение 30 мин при разомкнутой цепи подачи питания	0 °C
6.9	Испытание по определению энергоэффективности при СЗ 35 %	0 °C
7.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
7.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Шаг выборки для снятия данных при испытании должен быть не более 50 мс.

7.8.4 Требования

В протоколе испытаний должны быть отражены следующие данные: энергетическая эффективность при СЗ 65 %, 50 % и 35 % при температурах испытаний КТ, 40 °С, 0 °С.

7.8.5 Пример расчета для испытания по определению энергоэффективности

Для взятой в качестве примера условной батареи с напряжением 300 В и емкостью 6 А·ч в процессе испытания могут быть получены (по оценке) следующие данные:

- разряд/заряд в течение 12 с током 20*С*: 0,4 А·ч;
- полезная электрическая мощность (например): 32,40 кВт;
- мощность рекуперации (например): 39,60 кВт;
- амплитуда изменения СЗ: 6,667 %;
- отдача энергии в течение разряда током 20*С* продолжительностью 12 с (например): 108 Вт·ч;
- энергия, затраченная при заряде током 15*С* в течение 16 с (например): 132 Вт·ч;
- энергетическая эффективность: 81,8 %.

Примечание — Приведенные значения можно считать соответствующими реальной практике движения при ускорениях и подъемах.

7.9 Энергетическая эффективность при быстром заряде

7.9.1 Цель

Целью испытаний по определению энергетической эффективности при быстром заряде является определение поведения батарейной системы и эффективности использования энергии при различных токах быстрого заряда. Для высокоэнергоемких приложений эффективность использования энергии при быстром заряде для батарейной системы имеет существенное влияние на общую эффективность транспортного средства.

Данные испытания применяются только к высокоэнергоемким батарейным системам.

7.9.2 Метод испытания

Испытания батарейной системы должны быть проведены при следующих температурах: КТ, 0 °С, $T_{мин.}$ и трех токах быстрого заряда: 1*С*, 2*С* и $I_{зр.,макс.}$ После теплового равновесия и предварительной подготовки по стандартному циклу ОИ сначала разряжают стандартным разрядом, сопровождаемым на следующем этапе быстрым зарядом с начальным током 1*С*, 2*С* и $I_{зр.макс.}$ Режим заряда, величина максимального тока заряда $I_{зр.макс.}$, минимальная температура окружающей среды $T_{мин.}$ должны соответствовать требованиям, предоставленным поставщиком.

Последовательность испытаний представлена в таблице 25.

Процедура ЗРС при различных температурах должна соответствовать 6.2.2.3.

Процедура ЦС должна соответствовать 6.2.

Все испытания на разряд должны заканчиваться по достижении $U_к$, установленного поставщиком.

Все испытания на быстрый заряд должны соответствовать значениям параметров, установленным поставщиком, или должны прерываться по достижении их предельных значений.

Частота осуществления опроса данных во время испытаний должна быть не более 50 мс.

На основе величин напряжений и токов, измеренных при испытаниях для каждого стандартного разряда и последующего быстрого заряда по формуле (1), следует рассчитать энергоэффективность для следующих СЗ:

- от СЗ при окончании испытаний на разряд до ближайшей СЗ, округленной до десяти, и каждого последующего увеличения СЗ на 10 % вплоть до уровня СЗ, установленного для прерывания быстрого заряда;
- от каждой СЗ, округленной до 10, после завершения испытания на разряд до каждого последующего увеличения СЗ на 10 % до уровня СЗ, установленного для прерывания быстрого заряда.

7.9.3 Требования

Должны быть зафиксированы следующие данные:

- ток, напряжение, температура ОИ и температура окружающей среды в зависимости от времени для каждого испытания на разряд и следующего за ним ЗРС;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, отданные при разряде, и средняя мощность разряда, Вт, для каждого испытания на разряд;
- емкость, А·ч, и энергия, Вт·ч, пошедшие на заряд, и средняя мощность при заряде, Вт, следующем за каждым испытанием на разряд;

- $U_к$ на всех доступных точках измерения напряжения на аккумуляторах для всех проведенных испытаний на разряд;
- энергоэффективность заряда-разряда для заданного ΔСЗ для каждого испытания на стандартный разряд — быстрый заряд.

Таблица 25 — Последовательность испытаний по определению энергетической эффективности при быстром заряде

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
1.2	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
1.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.1	Стандартный разряд (РРС)	КТ
2.2	Быстрый разряд током 1*C*	КТ
2.3	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 60 мин	КТ
2.4	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.5	Стандартный разряд (РРС)	КТ
2.6	Быстрый разряд током 2*C*	КТ
2.7	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 60 мин	КТ
2.8	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
2.9	Стандартный разряд (РРС)	КТ
2.10	Быстрый разряд током $I_{зр.,макс.}$	КТ
2.11	Период выдержки с разомкнутой цепью питания в течение 60 мин	КТ
3.1	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
3.2	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
4.1	Стандартный разряд (РРС)	0 °С
4.2	Быстрый разряд током 1*C*	0 °С
5.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
5.2	Стандартный заряд (ЗРС) для дозаряда	КТ
5.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
5.4	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
6.1	Стандартный разряд (РРС)	0 °С
6.2	Быстрый разряд током 2*C*	0 °С
7.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
7.2	Стандартный заряд (ЗРС) для дозаряда	КТ
7.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
7.4	Приведение к тепловому равновесию	0 °С
8.1	Стандартный разряд (РРС)	0 °С
8.2	Быстрый разряд током $I_{зр.,макс.}$	0 °С

Окончание таблицы 25

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
9.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
9.2	Стандартный заряд (ЗРС) для дозаряда	КТ
9.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
9.4	Приведение к тепловому равновесию	$T_{мин.}$
10.1	Стандартный разряд (РРС)	$T_{мин.}$
10.2	Быстрый разряд током $I_{зр.,макс.}$	$T_{мин.}$
11.1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
11.2	Стандартный заряд (ЗРС) для дозаряда	КТ
11.3	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

7.10 Долговечность при циклировании

7.10.1 Цель

В дополнение к другим факторам старения (например, время, температура) существенное влияние на срок службы батареи также оказывает количество энергии, проходящей через батарею.

Для того чтобы выбрать соответствующий режим моделирования старения в зависимости от количества энергии, проходящей через батарею, в расчет должны приниматься реальные условия движения. Это означает, что используемый вариант изменения режимов мощности батарейных систем для приложений с динамичными режимами разряда, а также величина СЗ для переключения между режимами с преобладанием разряда и режима с преобладанием заряда должны корректно воспроизводить реальные режимы работы транспортного средства. Для того чтобы получить надежные и значимые данные для прогнозирования срока службы батареи, важно, чтобы поставщик и потребитель согласовали основные данные режимов испытаний.

С другой стороны, батарейная система не должна подвергаться чрезмерным нагрузкам. В связи с этим обязательным являются контроль и управление тепловым состоянием, а также необходимы некоторые периоды выдержки для выравнивания параметров батарейной системы и балансировки аккумуляторов.

Данные испытания применяются только к батарейным системам.

7.10.2 Метод испытания

7.10.2.1 Высокомощная батарейная система

7.10.2.1.1 Подготовка

Во время проведения испытаний необходимо поддерживать температуру ОИ в пределах от КТ до 40 °С посредством устройств охлаждения (то есть КТ в течение периода выдержки и, естественно, выше при работе). По требованию поставщика может иметь место дополнительный период выдержки между циклами для того, чтобы сохранить параметры ОИ в пределах требуемых температурных пределов.

Испытания на долговечность при циклировании проводятся посредством комбинирования двух испытательных режимов, один из которых представляет собой «профиль с преобладанием разряда», в котором величина энергии, идущей на разряд, немного выше, чем энергия, получаемая при заряде (как показано в таблице 26 и на рисунке 6), и другой, который представляет собой «профиль с преобладанием заряда», в котором величина энергии, идущей на заряд, немного выше, чем энергия, получаемая при разряде (как показано в таблице 27 и на рисунке 7).

Диапазон СЗ должен быть задан потребителем, в противном случае циклирование должно проводиться в интервале СЗ от 30 до 80 %.

При объединении двух профилей диапазон переключения по СЗ может использоваться по всему циклу испытаний. Циклирование начинается с верхнего предела СЗ последовательным применением профиля с преобладанием разряда до тех пор, пока СЗ не достигнет нижнего предела или напряжение батареи не достигнет нижнего предела напряжения, установленного поставщиком. Далее используют последовательное применение профиля с преобладанием заряда до тех пор, пока СЗ не достигнет верхнего предела или напряжение батареи не достигнет верхнего предела напряжения, установленного поставщиком (см. рисунок 8).

Предельные значения СЗ для изменения типа профиля могут быть определены одним из следующих способов:

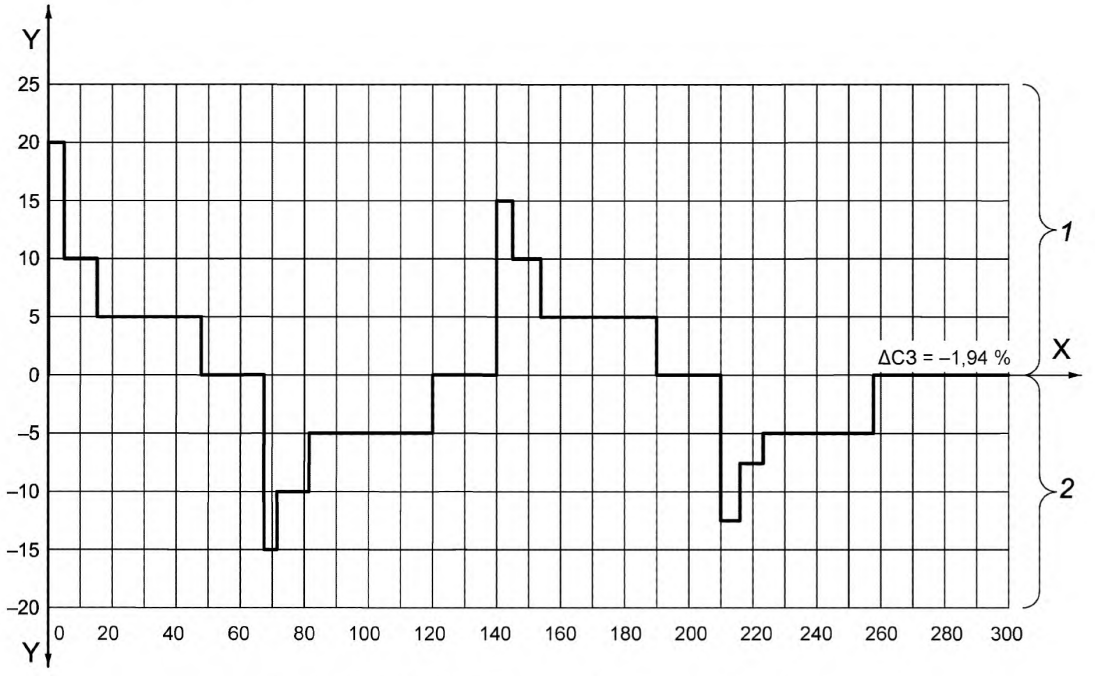
- вычисление СЗ, например, посредством БКБ;

- по количеству циклов (ΔСЗ на цикл составляет 1,944 %);
- по значению А·ч, вычисленному по внешним измерениям;
- по верхнему и нижнему пределам напряжения батареи, установленным поставщиком.

После циклирования в течение 22 ч необходимо дать выдержку в состоянии покоя в течение 2 ч, чтобы обеспечить определенное равновесие в химическом состоянии аккумуляторов и привести все аккумуляторы в сбалансированное состояние по напряжению (обычно это выполняется встроенной схемой балансировки аккумуляторов), после чего проводят проверку характеристик.

7.10.2.1.2 Профили испытаний по определению долговечности при циклировании

На рисунках 6—8 и в таблицах 27 и 28 приведены примеры профилей величин тока испытаний по определению долговечности при циклировании — профиль с преобладанием разряда и профиль с преобладанием заряда, а также последовательность ресурсных испытаний батарейной системы для динамических режимов разряда.



X — время, с; Y — ток, в единицах *C*; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 6 — Профиль величины тока испытаний по определению долговечности при циклировании — профиль с преобладанием разряда

Таблица 26 — Последовательность проведения испытаний по определению долговечности при циклировании — профиль с преобладанием разряда

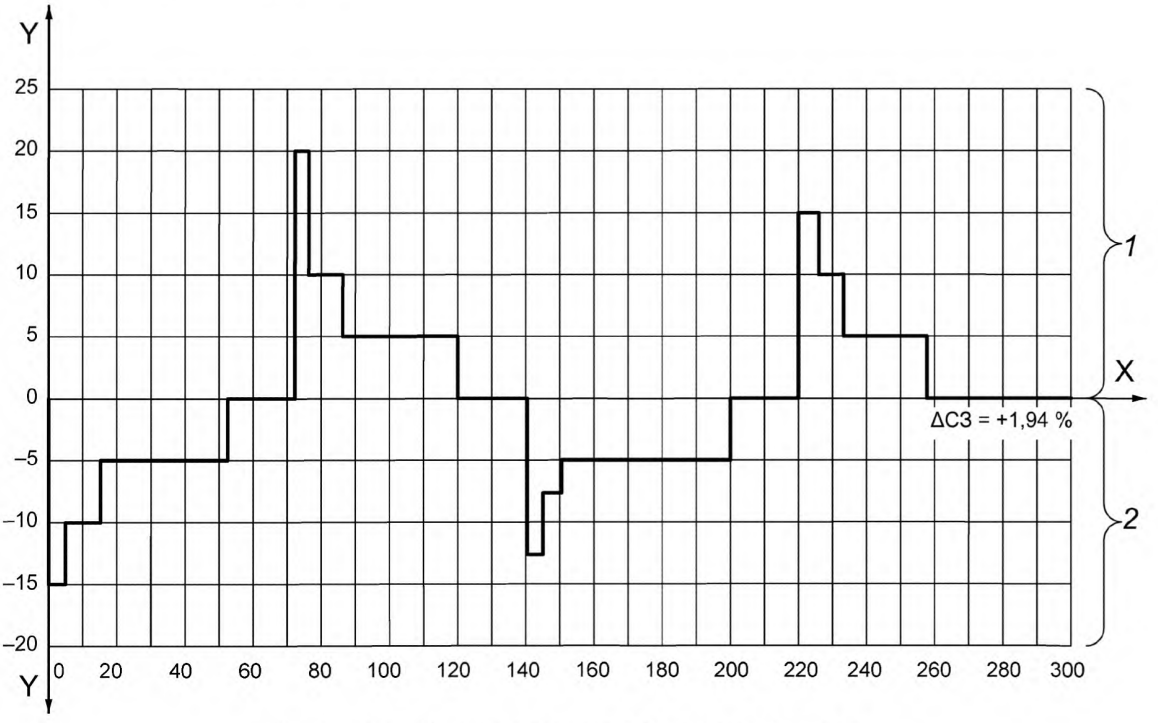
Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток, ед. *C*	Накапливаемое ΔСЗ, %
5	5	20	−2,778
10	15	10	−5,556
32	47	5	−10,000
20	67	0	−10,000
5	72	−15	−7,917
10	82	−10	−5,139
37	119	−5	0,000
20	139	0	0,000

Окончание таблицы 26

Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток, ед. *C*	Накапливаемое ΔС3, %
5	144	15	−2,083
10	154	10	−4,861
37	191	5	−10,000
20	211	0	−10,000
5	216	−12,5	−8,264
7	223	−7,5	−6,806
35	258	−5	−1,944
42	300	0	−1,944

Примечание — Импульсы короче 5 с из-за разных временных задержек и медленных скоростей некоторых стендов, используемых для испытания батарей, не задаются.

Требуемый режим в таблице 26 по величине токов может быть ограничен максимальным током, указанным поставщиком. В этом случае должна быть увеличена соответствующая длительность этапа для достижения требуемого значения ΔС3. Это приводит к увеличению суммарного времени для профиля с преобладанием разряда.



X — время, с; Y — ток, в единицах *C*; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 7 — Профиль величины тока испытаний по определению долговечности при циклировании — профиль с преобладанием заряда

Таблица 27 — Последовательность проведения испытаний по определению долговечности при циклировании — профиль с преобладанием заряда

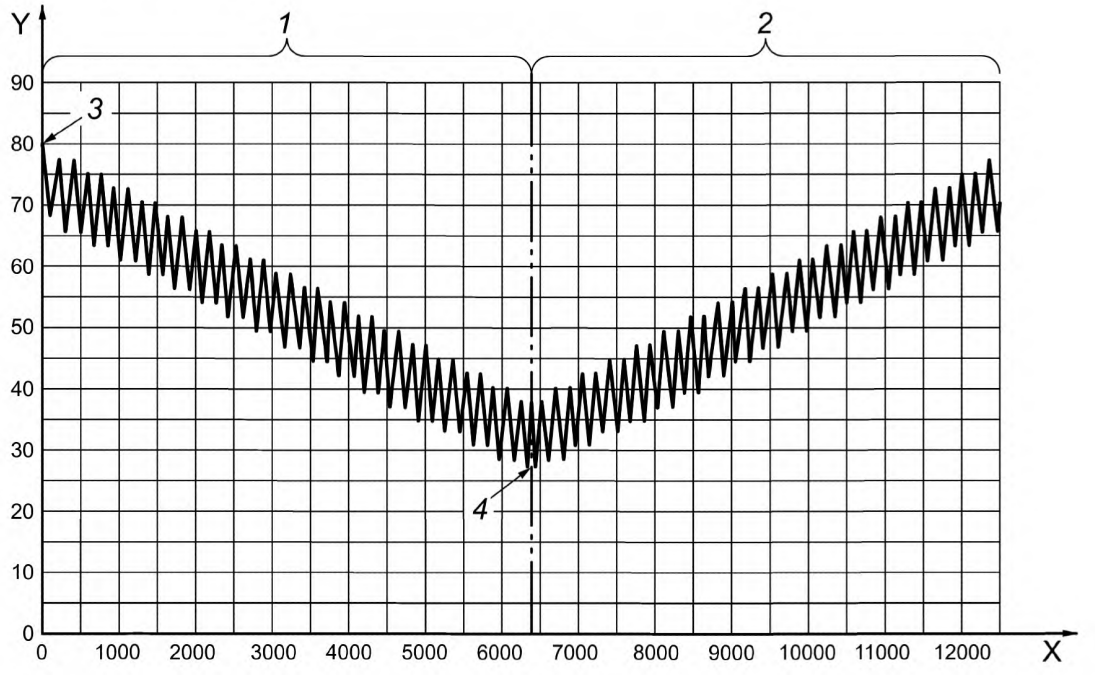
Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток, ед. *C*	Накапливаемое ΔС3, %
5	5	−15	2,083
10	15	−10	4,861

Окончание таблицы 27

Приращение времени, с	Суммарное время, с	Ток, ед. *C*	Накапливаемое ΔСЗ, %
37	52	−5	10,000
20	72	0	10,000
5	77	20	7,222
10	87	10	4,444
32	119	5	0,000
20	139	0	0,000
5	144	−12,5	1,736
7	151	−7,5	3,194
49	200	−5	10,000
20	220	0	10,000
5	226	15	7,917
10	235	10	5,139
23	258	5	1,944
42	300	0	1,944

Примечание — Импульсы короче 5 с из-за разных временных задержек и медленных скоростей некоторых стендов, используемых для испытания батарей, не задаются.

Требуемый режим в таблице 27 по величине токов может быть ограничен максимальным током, указанным поставщиком. В этом случае должна быть увеличена соответствующая длительность этапа для достижения требуемого значения ΔСЗ. Это приводит к увеличению суммарного времени для профиля с преобладанием заряда.



X — время, с; Y — СЗ, %; *1* — профили с преобладанием разряда; *2* — профили с преобладанием заряда; *3* — начальная СЗ = 80 %; *4* — точка переключения режимов при СЗ = 30 %.

Рисунок 8 — Типичное переключение с применения профиля с преобладанием разряда на профиль с преобладанием заряда по величине СЗ

7.10.2.1.3 Последовательность проведения испытаний при определении долговечности при циклировании

Таблица 28 — Последовательность проведения испытаний при определении долговечности при циклировании

Этап	Процедура	Температура испытаний
1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
3	Стандартный цикл (ЦС) для определения емкости в режиме разряда током 1*C*	КТ
4	Стандартный разряд (ЗРС) до 80 % СЗ или другого верхнего предела, установленного поставщиком	КТ
5	Циклирование с применением профиля с преимущественным разрядом до тех пор, пока: СЗ станет равным 30 % или другому нижнему пределу СЗ, установленному потребителем, или напряжение батареи достигнет нижнего значения, установленного поставщиком	КТ
6	Циклирование с применением профиля с преимущественным зарядом до тех пор, пока: СЗ станет равным 80 % или другому верхнему пределу СЗ, установленному потребителем, или напряжение батареи достигнет верхнего значения, установленного поставщиком	КТ
7	Повторение этапов с 5 по 6 в течение 22 ч	КТ
8	Каждый день после циклирования в течение 22 ч и в конце профиля с преимущественным зарядом: период выдержки в состоянии покоя для выравнивания напряжения на аккумуляторах и температуры по согласованию поставщика и потребителя	КТ
9	Каждую неделю после циклирования в течение 7 сут проведение проверки рабочих характеристик в соответствии со следующей последовательностью: приведение к тепловому равновесию; стандартный заряд (ЗРС); стандартный цикл (ЦС); снятие характеристик мощности в импульсе; стандартный заряд (ЗРС)	КТ
10	Продолжить, начиная с этапа 4, но каждые две недели для проведения определения емкости при токе разряда 1*C* продолжать, начиная с этапа 2	КТ

7.10.2.1.4 Условия

Должно быть соблюдено следующее:

- окружающая среда: начинать следует при КТ в температурной камере с соответствующим оборудованием для обеспечения безопасности;

- по согласованию потребителя и поставщика определяется диапазон изменения СЗ, иначе интервал изменения СЗ устанавливается от 30 до 80 %;

- период выдержки в состоянии покоя для выравнивания напряжения на аккумуляторах и температуры в течение 2 ч после циклирования в течение 22 ч;

- система охлаждения батареи (предназначенная или применимая) должна функционировать;

- во все время циклирования электронный блок ОИ должен обеспечивать работу каждого из аккумуляторов батарейной системы в границах предельных величин напряжения, установленных поставщиком. В случае выхода за установленные границы ток автоматически должен быть уменьшен для предотвращения любого нештатного режима.

7.10.2.1.5 Мониторинг и регистрация данных

Все имеющиеся данные датчиков напряжения и температуры должны контролироваться и регистрироваться. Количество сохраняемых данных может быть уменьшено при регистрации только для отдельных (критичных) этапов последовательности испытаний.

Накопленная емкость, величина которой соответствует изменению степени заряженности ΔСЗ, должна быть зарегистрирована для последующего сравнения со значением СЗ, даваемым БКБ.

7.10.2.1.6 Определение степени заряженности (СЗ)

В результате старения в процессе циклирования ожидается снижение емкости. Поэтому очень важно обеспечить четкий метод определения СЗ в течение всего периода испытания. Нормированная емкость, определенная в 5.1, определяет диапазон между СЗ 100 % (полностью заряжен) и 0 % (полностью разряжен). Для оценки значения СЗ в качестве базовой принимается величина 100 %.

7.10.2.1.7 Критерии окончания испытаний

Ресурсные испытания должны быть прекращены в соответствии с любым из следующих критериев окончания испытаний:

- профиль испытаний по определению долговечности не может дальше применяться, например, при достижении установленных пределов параметров;
- требования проверки параметров между сериями циклирования в соответствии с этапом 9 таблицы 28 больше не могут быть выполнены;
- соглашение между поставщиком и потребителем.

7.10.2.1.8 Снижение емкости

Изменение емкости при разряде с момента начала жизненного цикла (энергия и емкость измеряются в процессе испытаний при КТ в соответствии с 7.1) до других, более поздних моментов времени должно периодически отмечаться в протоколах как снижение емкости. Уменьшение емкости, обозначаемое $C_{\text{сниж.}}$, выражается в процентах от уровня емкости в НЖЦ (ток 1*C* при КТ) в соответствии с формулой:

$$C_{\text{сниж.}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{нр.,tx}}}{C_{\text{нр.,t0}}}\right), \quad (2)$$

где $C_{\text{сниж.}}$ — снижение емкости, %;

$C_{\text{нр.tx}}$ — емкость при разряде током 1*C* в текущем испытании;

$C_{\text{нр.t0}}$ — нормированная при разряде током 1*C* емкость в НЖЦ.

7.10.2.2 Высокоэнергоемкие батарейные системы

Эта процедура обеспечивает два набора процедур испытаний, предназначенных для батарейных систем, используемых в приложениях с динамическим разрядом с последующим полным зарядом (см. 7.10.2.2.1), и для батарейных систем, используемых в приложениях с динамическим разрядом с последующим неполным зарядом небольшого изменения СЗ, сопровождаемым в дальнейшем последующим полным зарядом (см. 7.10.2.2.2). Поставщик и потребитель должны согласовать соответствующую процедуру испытаний, основанную на требованиях применения, для которых предназначена батарейная система.

7.10.2.2.1 Батарейные системы для динамических режимов разряда

7.10.2.2.1.1 Подготовка

Во время проведения испытаний необходимо поддерживать температуру ОИ в пределах от КТ до 40 °С посредством устройств охлаждения (то есть КТ в течение периода выдержки и, естественно, выше при работе). По требованию поставщика может иметь место дополнительный период выдержки между циклами для того, чтобы удержать ОИ в заданном диапазоне температур.

Циклирование проводится посредством комбинирования двух испытательных режимов, один из которых представляет собой «динамический мощностной разрядный режим А», когда величина энергии при разряде значительно ниже, чем в «динамическом мощностном разрядном режиме В». Режимы показаны на рисунках 9 и 10. Параметры профилей определены в таблицах 30 и 31 соответственно.

Диапазон СЗ определяется потребителем, в противном случае циклирование должно проводиться в интервале СЗ от 100 до 20 %.

Циклирование начинается с верхнего предела СЗ с поочередным выполнением динамического разрядного мощностного режима А, а затем динамического разрядного мощностного режима В, с повторением этой последовательности до тех пор, пока СЗ не достигнет нижнего предела или напряжение батареи не достигнет нижнего предела напряжения, установленного поставщиком. На следующем этапе батарейная система должна быть заряжена в соответствии с рекомендациями поставщика

до верхнего предела СЗ при условии, что общее время разрядно-зарядного цикла, включая время выдержки для балансировки аккумуляторов, не должно превышать 8 ч. Эта последовательность динамических разрядных мощностных режимов, включая заряд, должна повторяться в течение следующих 28 сут. После этого для оценки текущего состояния батарейной системы необходимо определить емкость и импульсную мощность. После проверки рабочих характеристик ресурсные испытания должны быть продолжены до достижения заданных критериев (см. 7.10.2.2.5).

Предельные значения СЗ могут быть определены одним из следующих способов:

- вычислением СЗ, например, посредством БКБ при испытании батарейной системы;
- по значению А·ч, вычисленному по внешним измерениям;
- по верхнему и нижнему пределам напряжения батареи, установленным поставщиком.

7.10.2.2.1.2 Последовательность ресурсных испытаний батарейной системы для динамических режимов разряда

Последовательность испытаний приведена в таблице 29.

Таблица 29 — Последовательность ресурсных испытаний батарейной системы для динамических режимов разряда

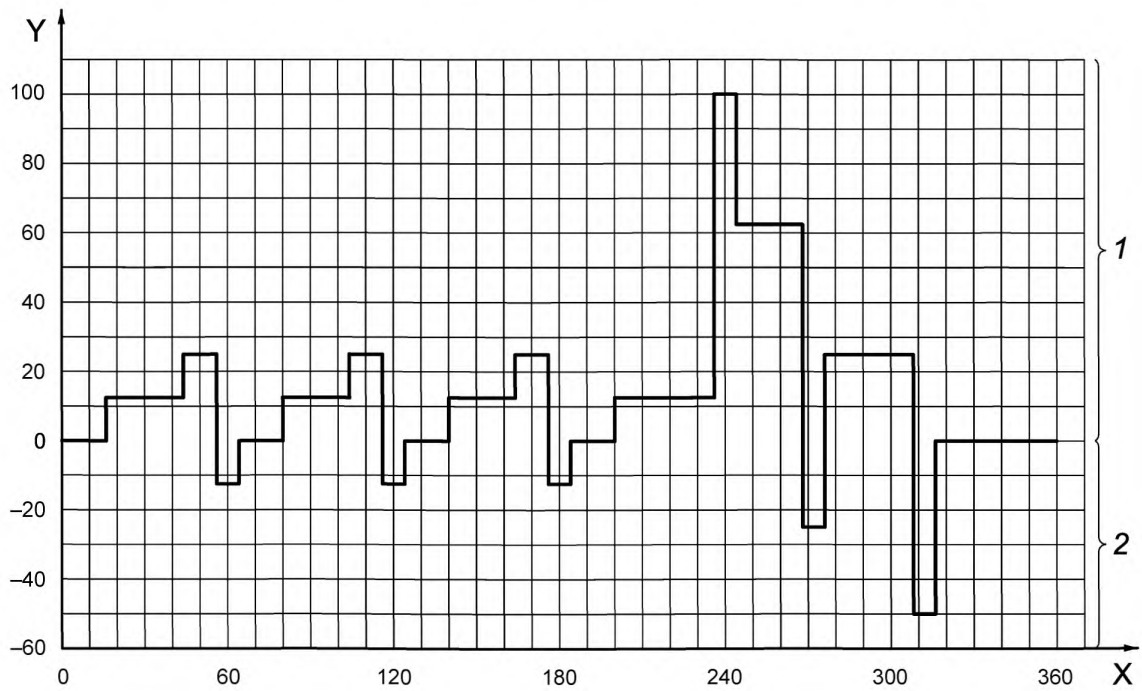
Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
3	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *С*/3	КТ
4	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
5	Дозаряд	−10 °С
6	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *С*/3	−10 °С
7	Приведение к тепловому равновесию	КТ
8	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
9	Циклирование с выполнением динамического разрядного мощностного режима А, с последующим динамическим разрядным мощностным режимом В до тех пор, пока: будет достигнуто СЗ 20 % или другой нижний предел СЗ, определенный потребителем, или напряжение батареи не достигнет нижнего предела, определенного поставщиком	КТ
10	Заряд до СЗ 100 %, как определено поставщиком, со следующими требованиями: заряд, включая балансировку аккумуляторов, и время выдержки должны быть закончены не более чем через 8 ч после начала динамического разрядного мощностного режима А	КТ
11	Повторение этапов 9—10 в общей сложности на протяжении 28 дней	
12	Приведение к тепловому равновесию	КТ
13	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
14	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *С*/3	КТ
15	Приведение к тепловому равновесию	КТ
16	Дозаряд	КТ
17	Снятие характеристик мощности в импульсе	КТ
18	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ

Окончание таблицы 29

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
19	Каждые восемь недель продолжать с этапа 20, в остальных случаях с этапа 9	
20	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
21	Дозаряд	−10 °С
22	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *C*/3	−10 °С
23	Приведение к тепловому равновесию	КТ
24	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
25	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
26	Дозаряд	−10 °С
27	Снятие характеристик мощности в импульсе	−10 °С
28	Приведение к тепловому равновесию	КТ
29	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
30	Продолжать с этапа 9	КТ

7.10.2.2.1.3 Профили режимов работы при ресурсных испытаниях

На рисунках 9 и 10 приведены профили динамического разрядного мощностного режима А и В, соответствующие временные параметры и величины мощностей даны в таблицах 30 и 31.



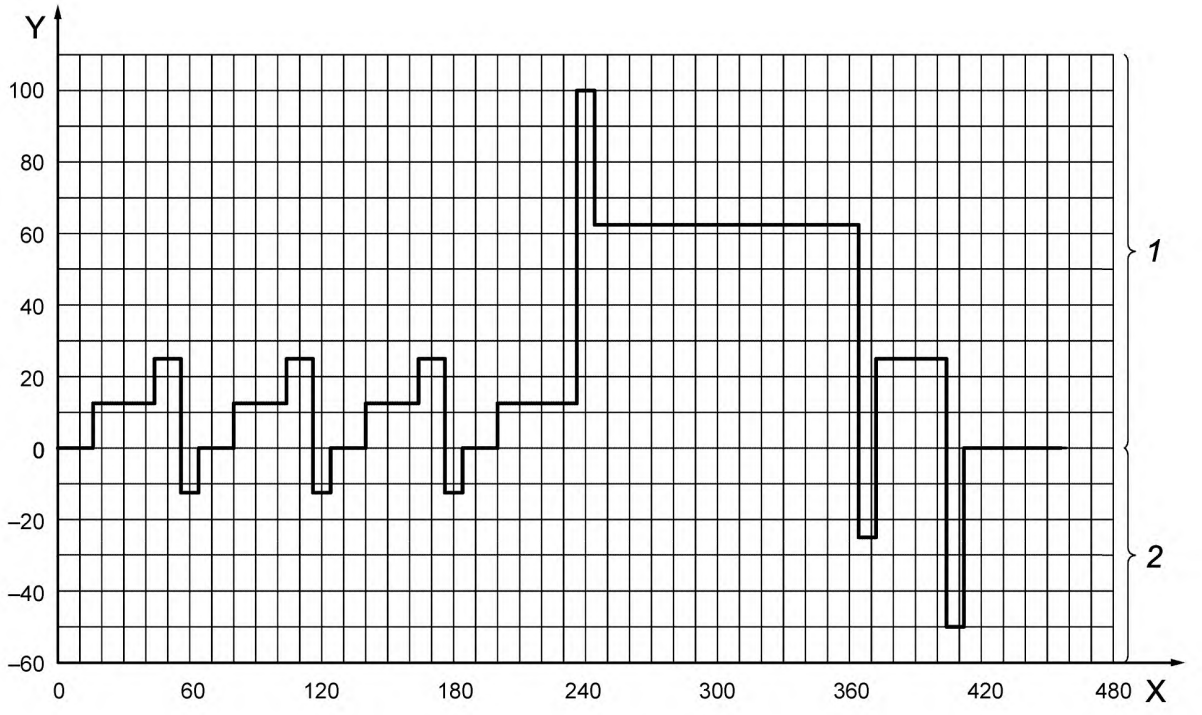
X — время, с; Y — доля $P_{макс.}$, %; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 9 — Профили режимов работы при ресурсных испытаниях. Динамический разрядный мощностной режим А

Таблица 30 — Динамический разрядный мощностной режим А. Данные по времени и мощности

Этап	Приращение времени, с	Суммарное время, с	Доля макс. мощности, %
1	16	16	0
2	28	44	+12,5
3	12	56	+25
4	8	64	−12,5
5	16	80	0
6	24	104	+12,5
7	12	116	+25
8	8	124	−12,5
9	16	140	0
10	24	164	+12,5
11	12	176	+25
12	8	184	−12,5
13	16	200	0
14	36	236	+12,5
15	8	244	+100
16	24	268	+62,5
17	8	276	−25
18	32	308	+25
19	8	316	−50
20	44	360	0

В этом режиме максимальная мощность — это значение мощности $P_{10\ с,рр.}$, измеренное при испытаниях по определению мощности и внутреннего сопротивления в соответствии с 7.3 при КТ, 35 % СЗ и t = 10 с, если потребитель и поставщик не договорились о снижении этого значения мощности.



X — время, с; Y — доля $P_{макс.}$, %; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 10 — Профили режимов работы при ресурсных испытаниях. Динамический разрядный мощностной режим B

Таблица 31 — Динамический разрядный мощностной режим B. Данные по времени и мощности

Этап	Приращение времени, с	Суммарное время, с	Доля макс. мощности, %
1	16	16	0
2	28	44	+12,5
3	12	56	+25
4	8	64	−12,5
5	16	80	0
6	24	104	+12,5
7	12	116	+25
8	8	124	−12,5
9	16	140	0
10	24	164	+12,5
11	12	176	+25
12	8	184	−12,5
13	16	200	0
14	36	236	+12,5
15	8	244	+100
16	120	364	+62,5
17	8	372	−25

Окончание таблицы 31

Этап	Приращение времени, с	Суммарное время, с	Доля макс. мощности, %
18	32	404	+25
19	8	412	−50
20	44	456	0

В этом режиме максимальная мощность — это значение мощности $P_{10\ с,рр.}$, измеренной при испытаниях по определению мощности и внутреннего сопротивления в соответствии с 7.3 при КТ, 35 % СЗ и t = 10 с, если потребитель и поставщик не договорились о снижении этого значения мощности.

7.10.2.2.1.4 Условия

Окружающая среда: начинать следует при КТ в температурной камере с соответствующим оборудованием для обеспечения безопасности.

Система, предназначенная (или применимая) для охлаждения батареи, должна полностью функционировать.

Во все время циклирования электронный блок ОИ должен обеспечивать работу каждого из аккумуляторов батарейной системы в границах предельных величин напряжения, установленных поставщиком. В случае выхода за установленные границы ток автоматически должен быть уменьшен для предотвращения любого нештатного режима.

7.10.2.2.2 Батарейные системы для приложений с уменьшающимся зарядом с последующим режимом увеличивающегося заряда

7.10.2.2.2.1 Подготовка

Во время проведения испытаний необходимо поддерживать температуру ОИ в пределах от КТ до 40 °С посредством устройств охлаждения (то есть КТ в течение периода выдержки и, естественно, выше при работе). По требованию поставщика может иметь место дополнительный период выдержки между циклами для сохранения параметров ОИ в пределах указанных температурных пределов.

Циклирование проводится посредством комбинирования режима циклирования для приложений с уменьшающимся зарядом, описанным в 7.10.2.2.1, и циклом поддержания заряда, состоящим из «режима заряда при подключенном внешнем источнике с преобладанием заряда», в котором величина заряда немного больше величины разряда, и «режима разряда при подключенном внешнем источнике с преобладанием разряда», в котором величина разряда немного больше величины заряда, как показано на рисунках 11 и 12. Их параметры приведены в таблицах 11 и 12 соответственно.

Циклирование начинается от верхнего предела СЗ с выполнения режима циклирования для приложений с уменьшающимся зарядом, описанным в 7.10.2.2.1, до тех пор, пока СЗ не достигнет значения нижнего предела 30 % для работы с уменьшающимся зарядом или иного значения, установленного потребителем, с последующей последовательностью выполнения режимов циклирования при подключенном внешнем источнике с преобладанием заряда и режима циклирования при подключенном внешнем источнике с преобладанием разряда. Диапазон изменения СЗ для переключения во время режима цикла поддержания заряда определяется потребителем, в противном случае испытание должно проводиться в интервале СЗ от 35 до 25 % в течение следующих 2 ч. На следующем этапе батарейная система должна быть полностью заряжена в соответствии с рекомендациями поставщика до верхнего предела СЗ при условии, что общее время разрядно-зарядного цикла, включая время выдержки для балансировки аккумуляторов, не должно превышать 8 ч. Эта последовательность динамических разрядных мощностных режимов, включая заряд, должна повторяться в течение следующих 28 сут. После этого для оценки текущего состояния батарейной системы необходимо определить емкость и импульсную мощность. После проверки рабочих характеристик ресурсные испытания должны быть продолжены до достижения заданных критериев (см. критерии окончания испытаний в 7.10.2.2.5).

Предельные значения СЗ могут быть определены одним из следующих способов:

- вычислением СЗ, например, посредством БКБ при испытании батарейной системы;
- по значению А·ч, вычисленному по внешним измерениям;
- по верхнему и нижнему пределам напряжения батареи, установленным поставщиком.

7.10.2.2.2.2 Последовательность ресурсных испытаний батарейной системы для приложений с недостаточным зарядом с последующим поддерживающим зарядом

В таблице 32 приведена последовательность ресурсных испытаний батарейной системы для приложений с уменьшающимся зарядом с последующим поддерживающим зарядом.

Таблица 32 — Последовательность ресурсных испытаний батарейной системы для приложений с уменьшающимся зарядом с последующим поддерживающим зарядом

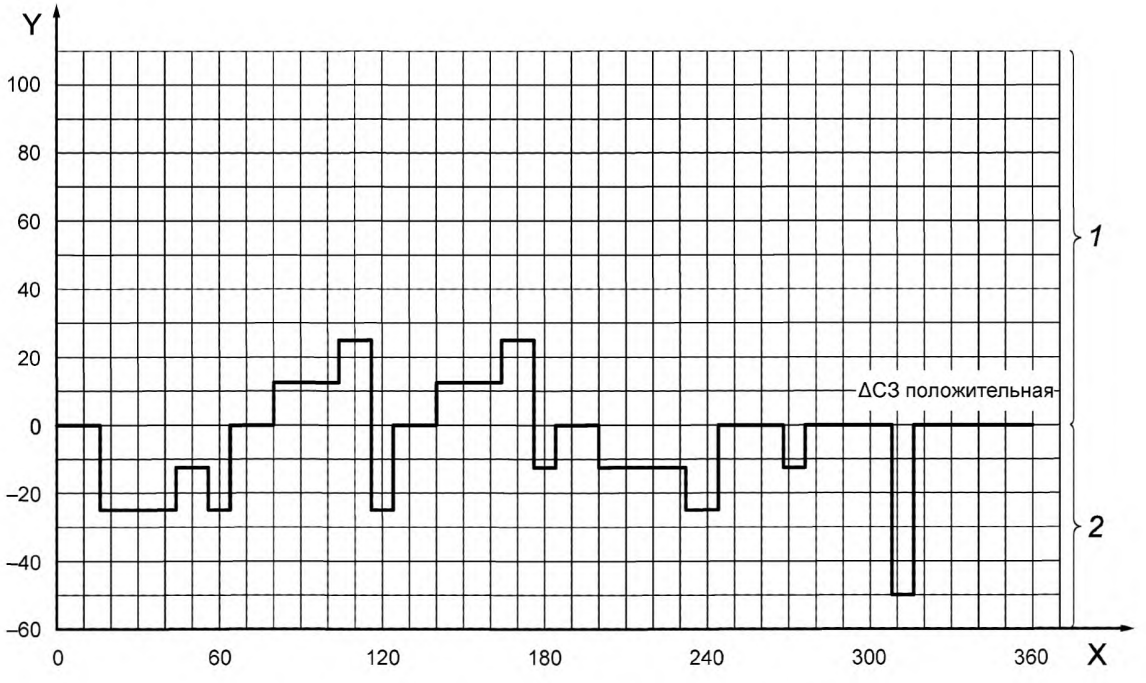
Этап	Процедура	Температура окружающей среды
1	Приведение к тепловому равновесию	КТ
2	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
3	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *C*/3	КТ
4	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
5	Дозаряд	−10 °С
6	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *C*/3	−10 °С
7	Приведение к тепловому равновесию	КТ
8	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
9	Циклирование с выполнением мощностного режима для приложений с недостаточным зарядом, описанным в 7.10.2.2.1, до тех пор, пока СЗ не достигнет 30 % или другого нижнего предела СЗ, определенного потребителем	КТ
10	Циклирование с выполнением режима преобладания заряда при подключении к внешнему источнику до тех пор, пока: - СЗ не достигнет 35 % или другого верхнего предела СЗ, определенного потребителем; - не будет достигнут верхний предел напряжения батареи, установленный поставщиком	КТ
11	Циклирование с выполнением режима преобладания разряда при подключении к внешнему источнику до тех пор, пока: - СЗ не достигнет 25 % или другого нижнего предела СЗ, определенного потребителем; - не будет достигнут нижний предел напряжения батареи, установленный поставщиком	КТ
12	Повторение этапов от 10 до 11 в течение 2 ч	
13	Заряд до СЗ 100 %, как определено поставщиком, со следующими требованиями: заряд, включая балансировку аккумуляторов, и время выдержки должны быть закончены не более чем через 8 ч после начала циклирования с этапа 9	КТ
14	Повторение этапов от 9 до 13 в общей сложности 28 сут	
15	Приведение к тепловому равновесию	КТ
16	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
17	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *C*/3	КТ
18	Приведение к тепловому равновесию	КТ
19	Дозаряд	КТ
20	Снятие характеристик мощности в импульсе	КТ
21	Стандартный заряд (ЗРС)	КТ
22	Каждые восемь недель продолжать с этапа 23 или вернуться к этапу 9	
23	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
24	Дозаряд	−10 °С
25	Стандартный цикл (ЦС) определения емкости током *C*/3	−10 °С
26	Приведение к тепловому равновесию	КТ
27	Стандартный цикл (ЦС)	КТ

Окончание таблицы 32

Этап	Процедура	Температура окружающей среды
28	Приведение к тепловому равновесию	−10 °С
29	Дозаряд	−10 °С
30	Снятие характеристик мощности в импульсе	−10 °С
31	Приведение к тепловому равновесию	КТ
32	Стандартный цикл (ЦС)	КТ
33	Продолжить с этапа 9	КТ

7.10.2.2.2.3 Режимы испытаний по определению долговечности при циклировании

На рисунках 11 и 12 приведены профили режимов с подключенным внешним источником с преобладающим зарядом и с преобладающим разрядом соответственно. Параметры этих режимов даны в таблицах 33 и 34.



X — время, с; Y — ток $I_{рр.и,макс.}$, %; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 11 — Режим ресурсных испытаний. Режим с преобладанием заряда при подключении к внешнему источнику

Таблица 33 — Данные времени и мощности. Режим с преобладанием заряда при подключении к внешнему источнику

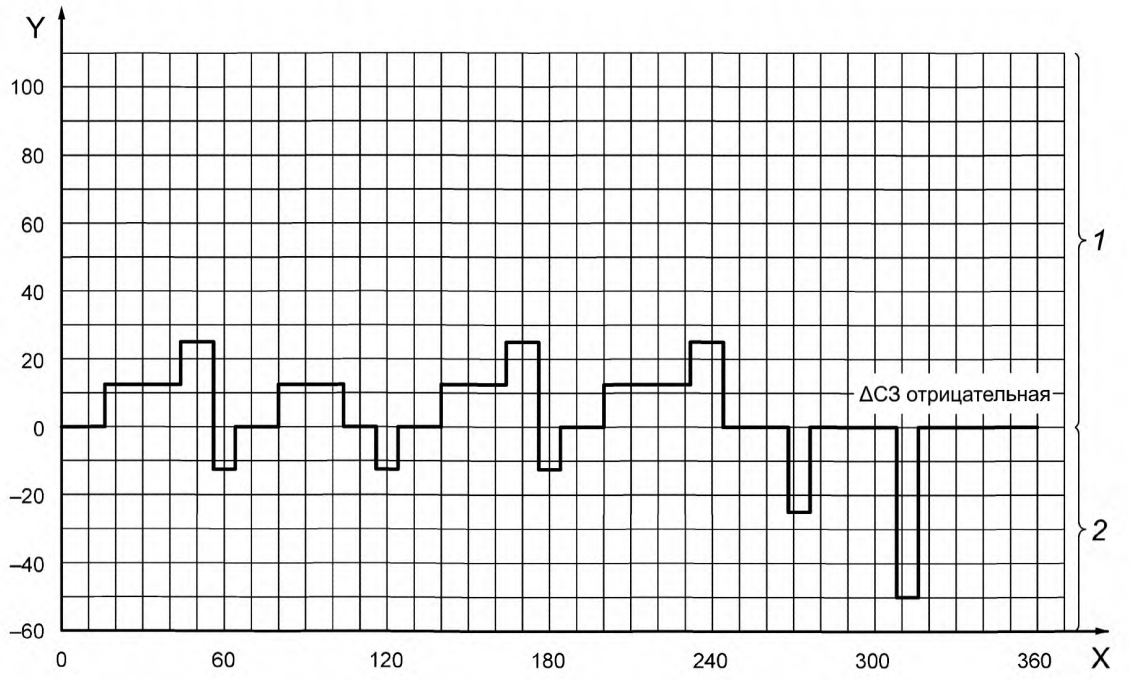
Этап	Приращение времени, с	Суммарное время, с	Доля макс. мощности, %
1	16	16	0
2	28	44	−25
3	12	56	−12,5
4	8	64	−25
5	16	80	0

Окончание таблицы 33

Этап	Приращение времени, с	Суммарное время, с	Доля макс. мощности, %
6	24	104	+12,5
7	12	116	+25
8	8	124	−25
9	16	140	0
10	24	164	+12,5
11	12	176	+25
12	8	184	−12,5
13	16	200	0
14	32	232	−12,5
15	12	244	−25
16	24	268	0
17	8	276	−12,5
18	32	308	0
19	8	316	−50
20	44	360	0

Примечание — Импульсы короче 5 с из-за разных временных задержек и медленных скоростей некоторых стендов, используемых для испытания батарей, не задаются.

В этом режиме $I_{макс.}$ должен соответствовать максимальному значению импульсного тока разряда $I_{рр.и,макс.}$ при комнатной температуре, указанному производителем (см. 7.3.2).



X — время, с; Y — ток $I_{рр.и,макс.}$, %; *1* — разряд; *2* — заряд

Рисунок 12 — Режим ресурсных испытаний. Режим с преобладанием разряда при подключении к внешнему источнику

Таблица 34 — Режим с преобладанием разряда при подключении к внешнему источнику. Данные времени и мощности

Этап	Приращение времени, с	Суммарное время, с	Доля макс. мощности, %
1	16	16	0
2	28	44	+12,5
3	12	56	+25
4	8	64	−12,5
5	16	80	0
6	24	104	+12,5
7	12	116	0
8	8	124	−12,5
9	16	140	0
10	24	164	+12,5
11	12	176	+25
12	8	184	−12,5
13	16	200	0
14	32	232	+12,5
15	12	244	+25
16	24	268	0
17	8	276	−25
18	32	308	0
19	8	316	−50
20	44	360	0

Примечание — Импульсы короче 5 с из-за разных временных задержек и медленных скоростей некоторых стендов, используемых для испытания батарей, не задаются.

7.10.2.2.4 Условия

Окружающая среда: начинать следует при КТ в температурной камере с соответствующим оборудованием для обеспечения безопасности.

Потребитель или поставщик определяют диапазон изменения СЗ для переключения режимов, иначе интервал изменения СЗ устанавливается от 25 до 35 %.

Система охлаждения батареи (предназначенная или применимая) должна функционировать.

Во все время циклирования электронный блок ОИ должен обеспечивать работу каждого из аккумуляторов батарейной системы в границах предельных величин напряжения, установленных поставщиком. В случае выхода за установленные границы ток автоматически должен быть уменьшен для предотвращения любого нештатного режима.

7.10.2.2.3 Мониторинг и регистрация данных

Все имеющиеся данные датчиков напряжения и температуры должны контролироваться и регистрироваться. Количество сохраненных данных может быть уменьшено при регистрации только для отдельных (критичных) этапов последовательности испытаний.

Накопленная емкость, величина которой соответствует изменению степени заряженности ΔСЗ, должна быть зарегистрирована для последующего сравнения со значением СЗ, заданным БКБ.

7.10.2.2.4 Определение степени заряженности (СЗ)

В результате старения в процессе циклирования ожидается снижение емкости. Поэтому очень важно обеспечить четкий метод определения СЗ в течение всего периода испытания. Номинальная

емкость, установленная в 7.1, точно определяет диапазон между СЗ 100 % (полностью заряжен) и 0 % (полностью разряжен). Для оценки значения СЗ в качестве базовой принимается величина 100 %.

7.10.2.2.5 Критерии окончания испытаний

Ресурсные испытания должны быть прекращены в соответствии с любым из следующих критериев окончания испытаний:

- ресурсные испытания для приложений динамического разряда не могут быть продолжены дальше, например, при достижении установленных пределов;
- требования проверки параметров между сериями циклирования мощности в соответствии с этапами от 13 до 29 таблицы 29 или этапами от 16 до 32 таблицы 32 больше не могут быть выполнены;
- соглашение между поставщиком и потребителем.

7.10.2.2.6 Снижение емкости

Изменение емкости при разряде с момента начала жизненного цикла (энергия и емкость измеряются в процессе испытаний при КТ в соответствии с 7.1) до других, более поздних моментов времени должно периодически отмечаться в протоколах как снижение емкости. Уменьшение емкости, обозначаемое $C_{сниж.}$, выражается в процентах от уровня емкости в НЖЦ (ток $C/3$ при КТ) в соответствии с формулой (2), где соответствующие значения емкостей определяются в режиме разряда током $C/3$.

7.10.3 Требования

7.10.3.1 Высокомощные батарейные системы

Должны быть зафиксированы следующие данные:

- начальная емкость при разряде током $1C$ при КТ;
- внутреннее сопротивление, пиковая мощность и НРЦ в зависимости от времени при контроле мощности раз в неделю;
- изменение емкости при токе $1C$ с течением времени циклирования (раз в две недели);
- снижение емкости с течением времени циклирования.

7.10.3.2 Высокоэнергоемкие батарейные системы

Должны быть зафиксированы следующие данные:

- начальная емкость при разряде током $C/3$ при КТ и –10 °С;
- внутреннее сопротивление, пиковая мощность и НРЦ в зависимости от времени при контроле напряжения раз в четыре недели при КТ и –10 °С;
- изменение емкости при разряде током $C/3$ в ходе циклирования раз в четыре недели при КТ и раз в восемь недель при –10 °С;
- снижение емкости в ходе циклирования.

7.10.4 Пример расчета для испытания по определению долговечности при циклировании для высокомощных батарейных систем

В отношении пропущенной через систему энергии результирующие значения следующие.

Допущение: Средняя скорость составляет 60 км/ч

Приблизительно рассчитав по формуле «300 $V \cdot I \cdot t$» и просуммировав все этапы:

Энергоотдача в каждый 5 мин цикл:	0,36 кВт·ч	5 км
Энергоотдача каждый час:	4,32 кВт·ч	60 км;
Энергоотдача каждый день (при работе 22 ч):	95,04 кВт·ч	1320 км;
Энергоотдача каждую неделю	665,28 кВт·ч	9240 км;
Энергоотдача каждые 6 недель	3991,68 кВт·ч	55 440 км;
Энергоотдача каждые 12 недель (1848 ч работы):	7983,36 кВт·ч	110 880 км.

Приложение А
(справочное)

Батарейные блоки и системы и обзор испытаний

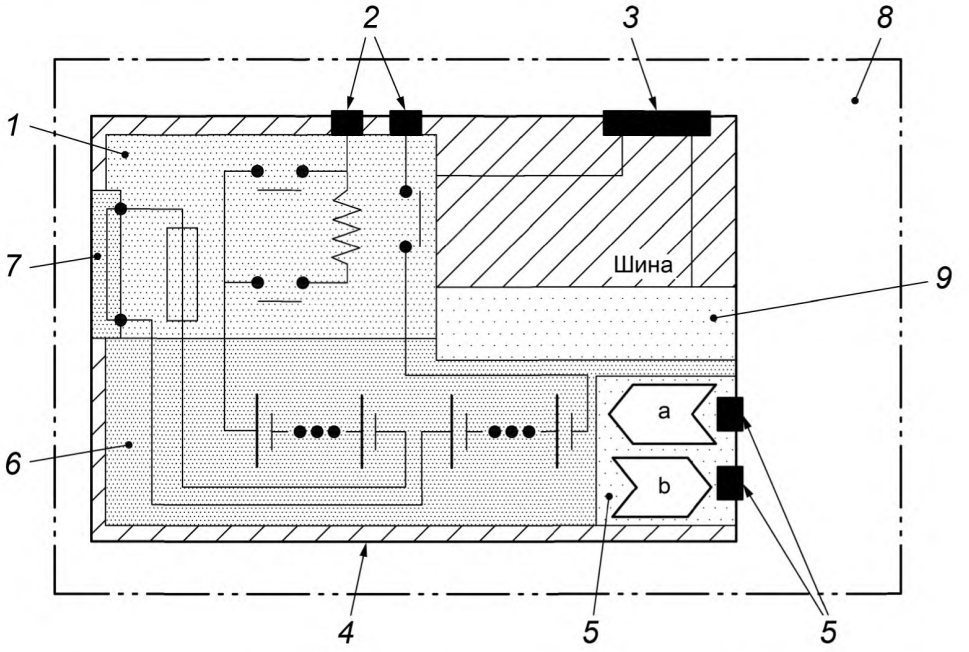
А.1 Общие положения

Приложение дает представление о том, как разделить понятия «батарейный блок» и «система».

А.2 Батарейный блок

Батарейный блок (см. рисунок А.1) представляет собой устройство накопления энергии, которое включает в себя аккумуляторы или аккумуляторные сборки, электронный блок аккумуляторов, цепи подачи питания, устройство защиты от перегрузки по току, включая электрические соединители, интерфейс для системы охлаждения, электрический контур напряжения класса В, вспомогательный контур напряжения класса А и коммуникации. Цепь питания батарейного блока может включать в себя контакторы. Батарейные блоки напряжением 60 В постоянного тока и выше могут включать в себя устройства ручного отключения (сервисное отключение). Все компоненты, как правило, помещены в ударопрочный корпус для нормальных условий эксплуатации.

Типичная конфигурация батарейного блока показана на рисунке А.1.



1 — электрические цепи напряжения класса В (контакторы, предохранители, провода); *2* — выводы напряжения класса В; *3* — выводы напряжения класса А; *4* — ударопрочный корпус для нормальных условий применения; *5* — система охлаждения с соединителями; *6* — аккумуляторная сборка; *7* — устройство сервисного отключения; *8* — батарейный блок; *9* — электронный блок аккумулятора; a — вход; b — выход

Примечание — Представлена типичная конфигурация, существуют и другие конфигурации, например батарейные блоки для поддержания крутящего момента.

Рисунок А.1 — Типичная схема батарейного блока

А.3 Батарейная система

А.3.1 БКБ

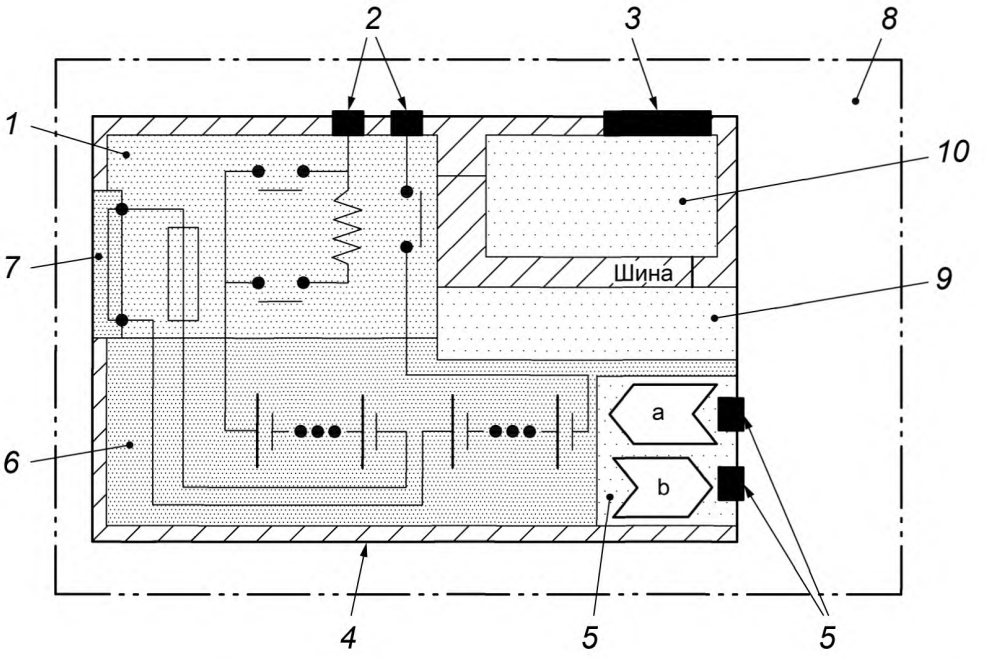
БКБ вычисляет степень заряженности и работоспособности и передает эксплуатационные ограничения батарейной системы в блок управления транспортного средства. БКБ может иметь возможность управления силовыми контакторами батарейной системы для того, чтобы при определенных условиях, например перегрузка по току, чрезмерное высокое или низкое напряжение, высокая температура, размыкать цепь подачи питания. БКБ может иметь различную конструкцию и исполнение: он может быть выполнен в виде отдельного электронного блока, блока, интегрированного в батарейную систему, или он может быть расположен вне батарейного блока и

соединен с ним коммуникационной шиной или посредством устройства ввода-вывода батарейного блока. Функции БКБ могут быть интегрированы с функциями одного или нескольких управляющих устройств транспортного средства.

А.3.2 Батарейная система со встроенным блоком контроля батареи (БКБ)

Батарейная система (см. рисунок А.2) представляет собой устройство накопления энергии, которое включает в себя аккумуляторы или аккумуляторные сборки, электронный блок аккумуляторов, блок контроля батареи, цепи подачи питания, устройство защиты от перегрузки по току, включая электрические соединители, интерфейс для системы охлаждения, электрический контур класса напряжения В и вспомогательный контур класса напряжения А с коммуникациями. Батарейные системы с напряжением 60 В постоянного тока и выше могут включать в себя устройство ручного отключения (сервисное отключение). Все компоненты, как правило, помещены в ударопрочный корпус для нормальных условий эксплуатации. В данном примере блок контроля батареи встроен внутрь ударопрочного корпуса для нормальных условий эксплуатации и его контрольные функции связаны с батарейным блоком.

Типичная конфигурация батарейной системы показана на рисунке А.2.



1 — электрические цепи напряжения класса В (контакторы, предохранители, провода); *2* — выводы напряжения класса В; *3* — выводы напряжения класса А; *4* — ударопрочный корпус для нормальных условий применения; *5* — система охлаждения с соединителями; *6* — аккумуляторная сборка; *7* — устройство сервисного отключения; *8* — батарейный блок; *9* — электронный блок аккумулятора; *10* — блок контроля батареи; a — вход; b — выход

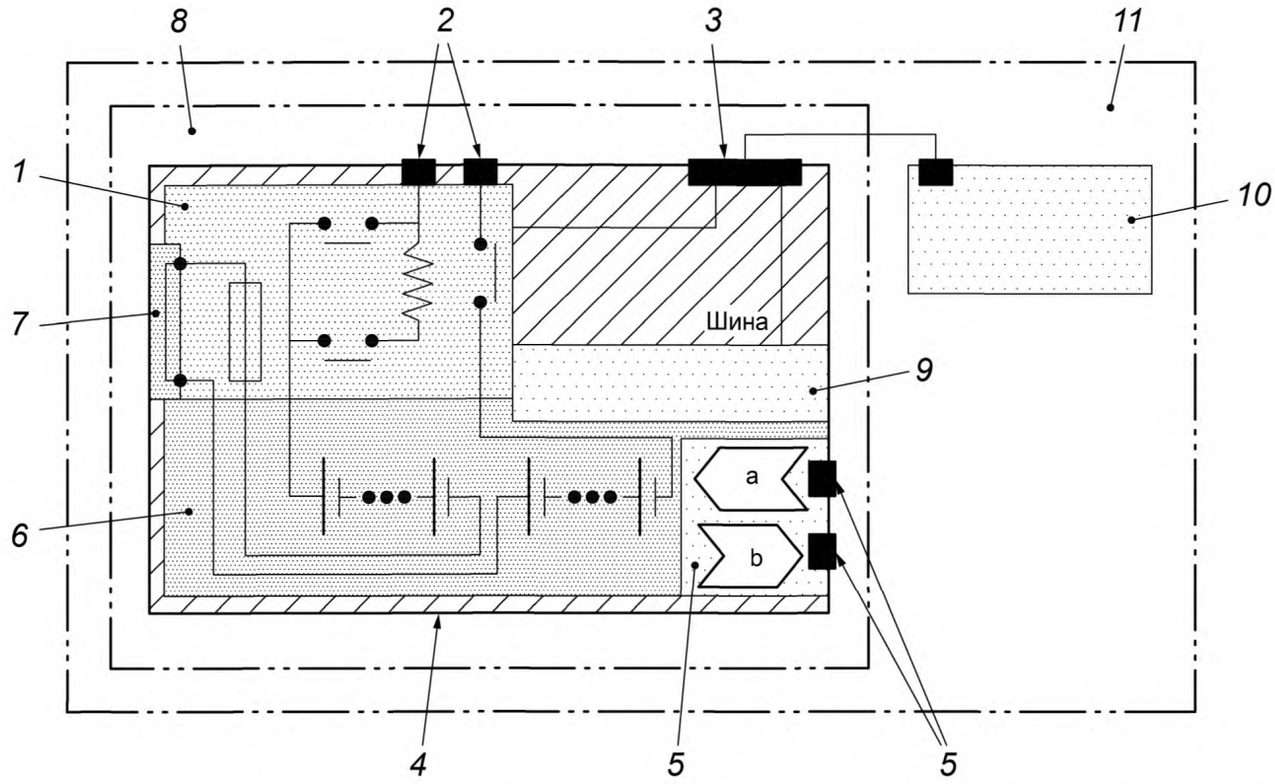
Примечание — Представлена типичная конфигурация, существуют и другие конфигурации, например батарейные системы для поддержания крутящего момента.

Рисунок А.2 — Типичная схема батарейной системы со встроенным блоком контроля батареи

А.3.3 Батарейная система с внешним расположением блока контроля батареи (БКБ)

Батарейная система (см. рисунок А.3) представляет собой устройство накопления энергии, которое включает в себя аккумуляторы или аккумуляторные сборки, электронный блок аккумуляторов, блок контроля батареи, цепи подачи питания, устройство защиты от перегрузки по току, включая электрические соединители, интерфейс для системы охлаждения, электрический контур напряжения класса В и вспомогательный контур напряжения класса А с коммуникациями. Батарейные системы напряжением 60 В постоянного тока и выше могут включать в себя функцию ручного отключения (сервисное отключение). Все компоненты, как правило, помещены в ударопрочный корпус для нормальных условий эксплуатации. В данном примере блок контроля батареи расположен снаружи ударопрочного корпуса для нормальных условий эксплуатации и его контрольные функции связаны с батарейным блоком.

Типичная конфигурация батарейной системы с внешним БКБ показана на рисунке А.3.



1 — электрические цепи напряжения класса B (контакторы, предохранители, провода); *2* — выводы напряжения класса B; *3* — выводы напряжения класса A; *4* — ударопрочный корпус для нормальных условий применения; *5* — система охлаждения с соединителями; *6* — аккумуляторная сборка; *7* — устройство сервисного отключения; *8* — батарейный блок; *9* — электронный блок аккумулятора; *10* — блок контроля батареи; *11* — батарейная система; a — вход; b — выход

Примечание — Представлена типичная конфигурация, существуют и другие конфигурации, например батарейные системы для поддержания крутящего момента.

Рисунок А.3 — Типичная схема батарейной системы с внешним расположением блока контроля батареи

А.3.4 Обзор испытаний

В таблице А.1 приведены испытания, проводимые на разных уровнях высокомощных батарейных блоков и систем.

В таблице А.2 приведены испытания, проводимые на разных уровнях высокоэнергоемких батарейных блоков и систем.

Таблица А.1 — Предназначение испытаний, применяемых к высокомощным батарейным блокам и системам

Процедура испытаний	Характеристики							
	Энергия и емкость	Мощность и внутреннее сопротивление	Потери СЗ без нагрузки	Потери СЗ при хранении	Мощность прокручивания при пониженных температурах	Мощность прокручивания при повышенных температурах	Энергетическая эффективность	Долговечность при циклировании
Батарейная система (батарейный блок со встроенным БКБ)								
Система	X	X	X	X	X	X	X	X
Батарейная система (батарейный блок с внешним БКБ)								
Система	X	X	X	X	X	X	X	X
Блок[a)]	U	U	—	—	—	—	—	—

X — испытание применяется.

— — испытание не применяется.

U — испытание проводится в измененном или сокращенном объеме.

[a)] БКБ отсутствует, внешний БКБ не работает, охлаждение не работает, главные контакторы управляются вручную.

Таблица А.2 — Предназначение испытаний, применяемых к высокоэнергоемким батарейным блокам и системам

Процедура испытаний	Характеристики					
	Энергия и емкость	Мощность и внутреннее сопротивление	Энергетическая эффективность при быстром заряде	Потери СЗ без нагрузки	Потери СЗ при хранении	Долговечность при циклировании
Батарейная система (батарейный блок со встроенным БКБ)						
Система	X	X	X	X	X	X
Батарейная система (батарейный блок с внешним БКБ)						
Система	X	X	X	X	X	X
Блок[a)]	U	U	—	—	—	—

X — испытание применяется.
— — испытание не применяется.
U — испытание проводится в измененном или сокращенном объеме.

[a)] БКБ отсутствует, внешний БКБ не работает, охлаждение не работает, главные контакторы управляются вручную.

Приложение В
(справочное)

Примеры листов данных для испытаний батарейных блоков и систем

Нижеприведенные таблицы с В.1 по В.7 являются примером представления данных о проведенных испытаниях. Они должны быть заполнены испытательной организацией и включены в протокол испытаний. Дополнительно в отчет об испытаниях также могут быть включены графики зависимости отдаваемой емкости и мощности от величины постоянного тока разряда (при различных температурах окружающей среды). Поставщик должен предоставить всю необходимую информацию и технические данные для поддержки проведения испытаний.

Таблица В.1 — Батарейный блок/система. Данные о поставщике

Поставщик	
Компания	
Адрес	
Адрес сайта в сети Интернет	
Контактное лицо	
Имя	
Телефон	
E-mail	
Факс	

Таблица В.2 — Высокомощные батарейный блок/система

Тип химии			
Торговая марка поставщика			
Дата изготовления			
Номинальное напряжение батареи, В			
Номинальная емкость при токе разряда 1С, А·ч			
Номинальное напряжение аккумулятора, В			
Количество аккумуляторов			
Количество аккумуляторных сборок			
Тип катодного материала			
Тип анодного материала			
Тип материала сепаратора			
Тип электролита			
	Аккумулятор:	Аккумуляторная сборка:	Блок/система:
Масса, кг			
Объем, $дм^3$			
Длина, мм			
Ширина, мм			
Высота, мм			

Окончание таблицы В.2

Дата получения батарейного блока/системы потребителем [ГГГГ-ММ-ДД]:		
Периферийные устройства и инструкции		
БКБ	Да:	Нет:
Система управления теплом	Да:	Нет:
Устройства безопасности	Да:	Нет:
Руководство по эксплуатации	Да:	Нет:

Таблица В.3 — Высокоэнергоемкие батарейный блок/система

Тип химии			
Торговая марка поставщика			
Дата изготовления			
Номинальное напряжение батареи, В			
Номинальная емкость при токе разряда 1*C*, А·ч			
Номинальное напряжение аккумулятора, В			
Количество аккумуляторов			
Количество аккумуляторных сборок			
Тип катодного материала			
Тип анодного материала			
Тип материала сепаратора			
Тип электролита			
	Аккумулятор:	Аккумуляторная сборка:	Блок/система:
Масса, кг			
Объем, дм^3			
Длина, мм			
Ширина, мм			
Высота, мм			
Дата получения батарейного блока/системы потребителем [ГГГГ-ММ-ДД]:			
Периферийные устройства и инструкции			
БКБ	Да:	Нет:	
Система управления теплом	Да:	Нет:	
Устройства безопасности	Да:	Нет:	
Руководство по эксплуатации	Да:	Нет:	

Таблица В.4 — Батарейный блок/система — Вспомогательное оборудование

	БКУ	Охлаждение	Соединители	Другое	Поддон	Всего
Масса, кг						
Объем, дм^3						
Длина, мм						
Ширина, мм						
Высота, мм						
Потребляемая мощность						

Таблица В.5 — Батарейный блок/система — Рабочие условия

Заряд		
Метод		
Время заряда		
Ограничения по температуре, °С	мин.:	макс.:
Максимальный непрерывный ток заряда, А		
Макс. зарядный ток, А. Длительность, с		
Макс. температура батареи при заряде, °С		
Макс. напряжение при заряде, В		
Полное описание процесса заряда, включая диаграммы заряда, должно быть приведено в приложении.		
Разряд		
Ограничения по температуре, °С	мин.:	макс.:
Максимальный непрерывный ток разряда, А		
Макс. разрядный ток, А. Длительность, с		
Мин. напряжение при разряде, В		
Напряжение конца разряда, В		
Полное описание требований к ограничениям по току и напряжению в зависимости от СЗ и температуры при разряде должно быть приведено в приложении.		

Таблица В.6 — Высокомощный батарейный блок/система — Рабочие характеристики

Температура испытаний, °С					
Емкость, А·ч	1*C*:	2*C*:	10*C*:	*C* при $I_{рр.,макс.}$:	
Энергия, Вт·ч	1*C*:	2*C*:	10*C*:	*C* при $I_{рр.,макс.}$:	
Удельная энергия, Вт·ч/кг	1*C*:	2*C*:	10*C*:	*C* при $I_{рр.,макс.}$:	
Плотность энергии, Вт·ч/л	1*C*:	2*C*:	10*C*:	*C* при $I_{рр.,макс.}$:	

Окончание таблицы В.6

	80 % СЗ:	65 % СЗ:	50 % СЗ:	35 % СЗ:	20 % СЗ:
Сопротивление при разряде 0,1 с, мОм					
Сопротивление при разряде 2 с, мОм					
Сопротивление при разряде 10 с, мОм					
Сопротивление при разряде 18 с, мОм					
Мощность при разряде 0,1 с, Вт					
Мощность при разряде 2 с, Вт					
Мощность при разряде 10 с, Вт					
Мощность при разряде 18 с, Вт					
Сопротивление при заряде 0,1 с, мОм					
Сопротивление при заряде 2 с, мОм					
Сопротивление при заряде 10 с, мОм					
Мощность при рекуперативном заряде 0,1 с, Вт					
Мощность при рекуперативном заряде 2 с, Вт					
Мощность при рекуперативном заряде 10 с, Вт					
Напряжение открытой цепи, В					

Таблица В.7 — Высокоэнергоемкие батарейный блок/система — Рабочие характеристики

Температура испытаний, °С					
Емкость, А·ч	*C*/3:	1*C*:	2*C*:	С при $I_{рр.,макс.}$:	
Энергия, Вт·ч	*C*/3:	1*C*:	2*C*:	С при $I_{рр.,макс.}$:	
Удельная энергия, Вт·ч/кг	*C*/3:	1*C*:	2*C*:	С при $I_{рр.,макс.}$:	
Плотность энергии, Вт·ч/л	*C*/3:	1*C*:	2*C*:	С при $I_{рр.,макс.}$:	
СЗ:	90 %	70 %	50 %	35 %	20 %
Сопротивление при разряде 0,1 с, мОм					
Сопротивление при разряде 2 с, мОм					
Сопротивление при разряде 5 с, мОм					
Сопротивление при разряде 10 с, мОм					
Сопротивление при разряде 18 с, мОм					
Сопротивление при разряде 18,1 с, мОм					
Сопротивление при разряде 20 с, мОм					
Сопротивление при разряде 30 с, мОм					
Сопротивление при разряде 60 с, мОм					
Сопротивление при разряде 90 с, мОм					
Сопротивление при разряде 120 с, мОм					
Общее сопротивление при разряде, мОм					

Окончание таблицы В.7

Мощность при разряде 0,1 с, Вт					
Мощность при разряде 2 с, Вт					
Мощность при разряде 5 с, Вт					
Мощность при разряде 10 с, Вт					
Мощность при разряде 18 с, Вт					
Мощность при разряде 18,1 с, Вт					
Мощность при разряде 20 с, Вт					
Мощность при разряде 30 с, Вт					
Мощность при разряде 60 с, Вт					
Мощность при разряде 90 с, Вт					
Мощность при разряде 120 с, Вт					
Сопротивление при заряде 0,1 с, мОм					
Сопротивление при заряде 2 с, мОм					
Сопротивление при заряде 10 с, мОм					
Сопротивление при заряде 20 с, мОм					
Общее сопротивление при заряде, мОм					
Мощность при заряде 0,1 с, Вт					
Мощность при заряде 2 с, Вт					
Мощность при заряде 10 с, Вт					
Мощность при заряде 20 с, Вт					
Напряжение открытой цепи, В					

Приложение С
(справочное)

Пример условий испытаний

Как описано в разделе, область применения, соответствующие методы и условия испытаний могут быть выбраны из настоящего стандарта на основе соглашения между потребителем и поставщиком.

Данное приложение предоставляет пользователям настоящего стандарта пример условий испытаний. Для высокомощных батарейных блоков и систем см. таблицу С.1. Для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем см. таблицу С.2.

Таблица С.1 — Пример перечня условий испытаний для высокомощных батарейных блоков и систем

Испытание	Условия	
7.1 Энергия и емкость при КТ	Режим разряда	1*C*, 10*C*
7.3 Мощность и внутреннее сопротивление	Температура	40 °С,КТ, 0 °С при 50 % СЗ
	СЗ	80 %, 50 %, 20 % при КТ
7.4 Снижение СЗ без нагрузки	Температура	КТ
7.5 Снижение СЗ при хранении	Все условия, установленные в 7.5	
Температура	Температура	−18 °С
7.7 Мощность прокручивания при повышенных температурах окружающей среды	Все условия, установленные в 7.7	
7.8 Энергетическая эффективность	Температура	КТ, 40 °С, 0 °С при 50 % СЗ
	СЗ	80 %, 50 %, 20 % при КТ
	Режим разряда	$I_{рр.,макс.}$
	Режим заряда	−0,75 $I_{рр.,макс.}$
7.10 Долговечность при циклировании	Критерий окончания испытания	Как установлено в 7.10.2.1 или после 3 мес

Таблица С.2 — Пример перечня условий испытаний для высокоэнергоемких батарейных блоков и систем

Испытание	Условия	
7.1 Энергия и емкость при КТ	Режим разряда	*C*/3, 1*C*, 2*C*
7.3 Мощность и внутреннее сопротивление	Температура	40 °С, КТ, 0 °С при 50 % СЗ
	СЗ	80 %, 50 %, 20 % при КТ
7.4 Снижение СЗ без нагрузки	Температура	КТ
7.5 Снижение СЗ при хранении	Все условия, установленные в 7.5	
7.10.2.2 Долговечность при циклировании в условиях динамического разряда	Критерий окончания испытания	Как установлено в 7.10.2.2

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
ИСО 6469-1	—	*
ИСО 6469-3	—	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.		

Библиография

[1] EUCAR (European Council for Automotive Research). Specification of Test Procedures for Safety Testing of Traction Batteries; Traction Battery Working Group, March 2003
[EUCAR (Европейский совет по автомобильным исследованиям). Спецификация методов испытаний для проверки безопасности тяговых батарей; Рабочая группа тяговых батарей, март 2003 г.]

[2] EUCAR (European Council for Automotive Research). Specification of test Procedures for high voltage hybrid electric vehicle traction batteries; Traction Battery Working Group, Draft April 2004
[EUCAR (Европейский совет по автомобильным исследованиям). Спецификация методов испытаний для высоковольтных тяговых аккумуляторов гибридных электромобилей; Рабочая группа тяговых батарей, проект апрель 2004 г.]

[3] FreedomCar: Battery Test Manual for power-assist Hybrid Electric Vehicles,October 2003
(FreedomCar: руководство по испытанию батареи для гибридных электрических транспортных средств с электроприводом, октябрь 2003 г.)

[4] FreedomCar. Battery technology life verification test manual, February 2005
(FreedomCar. Руководство по проверке срока службы батареи, февраль 2005 г.)

[5] FreedomCar. Electrical energy storage system — Abuse test manual for electric and hybrid electric vehicle applications; June 2005
(FreedomCar. Система накопления электрической энергии. Руководство по испытаниям при неправильной эксплуатации электрических и гибридных транспортных средств, июнь 2005 г.)

[6] LIBERAL. Specification of accelerated life test Procedures, August 2006
(LIBERAL. Спецификация процедур ускоренного испытания по определению срока службы, август 2006 г.)

[7] SAE J2464, Electric Vehicle Battery Abuse Testing, November 2009
(SAE J2464, Испытание на токсичность аккумуляторных батарей для автомобилей, ноябрь 2009 г.)

[8] System design requirements specification (VDA Initiative Circle «Energy Storage System», Source VDA)
[Спецификация требований к проектированию системы (VDA Initiative Circle «Energy Storage System», Source VDA)]

[9] USABC (United States Advanced Battery Consortium). Development of advanced high-power batteries for hybrid electric vehicle applications
[USABC (United States Advanced Battery Consortium). Разработка передовых мощных батарей для гибридных электромобилей]

[10] USABC (United States Advanced Battery Consortium). Electrochemical storage system — abuse test Procedures manual
[USABC (United States Advanced Battery Consortium). Электрохимическая система накопления. Руководство по испытаниям при неправильной эксплуатации]

[11] ISO 19453-6[1)], Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment for drive system of electric propulsion vehicles — Part 6: Traction battery packs and systems
(ИСО 19453-6, Дорожные транспортные средства. Условия окружающей среды и испытания для электрического и электронного оборудования для системы привода электромоторов. Часть 6. Тяговые аккумуляторные батареи и системы)

[1)] В стадии разработки.

УДК 621.355.9:006.354
621.331

ОКС 29.220.99
43.120

ОКПД2 27.20.23.140

Ключевые слова: аккумулятор литий-ионный, батарейная система, безопасность

БЗ 3—2019/19

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 11.03.2019. Подписано в печать 29.03.2019. Формат 60 × 84$^{1}/_{8}$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 7,95.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru