

А. А. Лизунов, В. С. Тарасов

**МЕТОДИКА УСКОРЕННЫХ
ТЕРМОВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ
ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

Рассмотрена проблема совершенствования технических характеристик системы генерирования электроэнергии, решение которой позволит значительно улучшить технико-экономические показатели космического аппарата. Разработана методика ускоренных термовакуумных испытаний никель-металлогидридного аккумулятора. Испытаниям подверглась аккумуляторная батарея 10НМГ-8,0.

E-mail: vpk@npomash.ru; avalanche64@mail.ru

Ключевые слова: космический аппарат, система генерирования электроэнергии, аккумуляторная батарея, термовакуумные испытания.

Освоение и изучение космоса требуют постоянного развития и совершенствования космических аппаратов (КА) и их систем, в том числе системы генерирования электроэнергии (СГЭ). Во многом выполнение полетной программы КА зависит от эффективности СГЭ.

Конструкция и характеристики СГЭ определяют конструктивный облик, срок активного существования КА в полете, его функциональные возможности, надежность, массогабаритные и экономические показатели. Система генерирования электроэнергии составляет 30...35% массы, объема и стоимости КА. Проблема совершенствования технических характеристик СГЭ имеет актуальное значение для улучшения технико-экономических показателей КА [1].

Одним из основных элементов, ограничивающих возможности повышения мощности и ресурса СГЭ КА, является накопительная подсистема, в которой в качестве накопителя энергии используются никель-кадмиевые герметичные (НКГ), никель-водородные (НВ), никель-металлогидридные (НМГ) и литиевые (Li-ion) аккумуляторные батареи (АБ).

В России имеется достаточно мощная и разветвленная инфраструктура по производству источников тока и значительные запасы основных видов сырья для их выпуска. В конце 1980-х гг. страна была одним из мировых лидеров по производству энергии в аккумуляторах в киловатт-часах [2].

В настоящее время в отрасли работают специалисты и ученые из ведущих компаний и институтов России: ИФХЭ РАН (академик А.Ю. Цивадзе, А.М. Скундин), ОАО “НПП “Квант” (Г.В. Серопян), ОАО “НИАИ “Источник” (А.Б. Шохор, Б.А. Борисов, Г.А. Голикова),

ОАО “Ригель” (В.И. Емельянов, А.Б. Жданов) и другие, многие из которых принимали участие в термовакуумных испытаниях АБ.

В результате анализа отказов новых АБ на начальных стадиях эксплуатации было выявлено, что в основном АБ выходят из строя из-за производственных дефектов, работы в предельных диапазонах температур (от повышенных до пониженных), повреждения при транспортировке.

Следует отметить основные недостатки известных термовакуумных испытаний АБ, проводившихся ранее: длительное время тестирования работоспособности (в среднем более 14 суток); отсутствие тестирования в предельно допустимом диапазоне температур.

В настоящей работе приведена разработанная методика ускоренных термовакуумных испытаний НМГ АБ.

Создав заранее более жесткие условия, чем эксплуатационные, по характеру изменения крутизны семейства кривых заряда-разряда характеристик АБ определяли возможный эксплуатационный срок, чтобы подтвердить надежность, качество сборки и эксплуатационные характеристики.

Впервые по разработанной методике испытаниям подверглась АБ 10НМГ-8,0, включенная по схеме, изображенной на рис. 1.

Испытания проводились в СКБ КП ИКИ РАН в термовакуумной установке ВУ-1А [3], снабженной экраном с установленными в нем термодатчиками, измеряющими температуру в камере. На АБ термодатчики были установлены следующим образом: № 61, № 62 и № 4

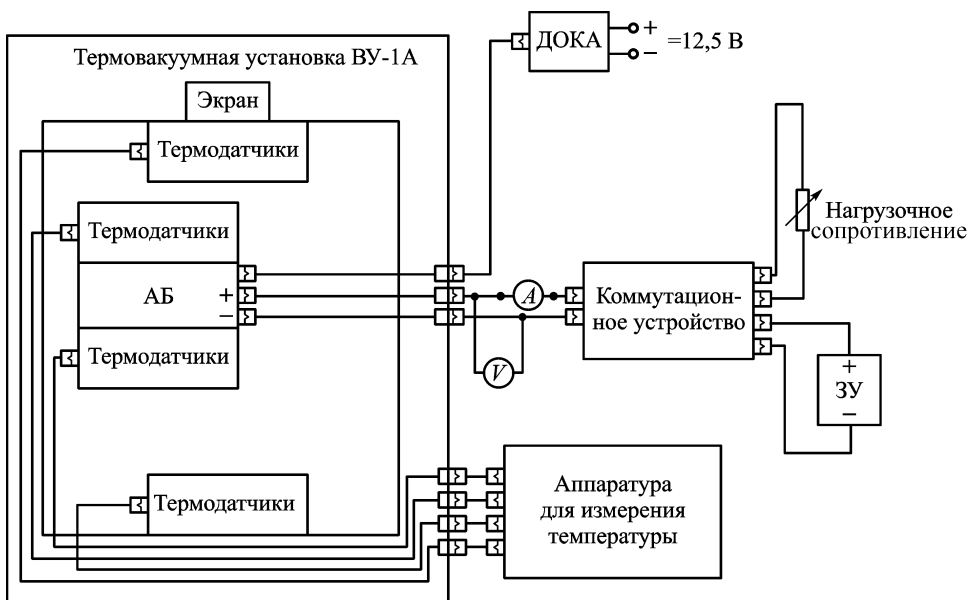


Рис. 1. Схема включения АБ:

ДОКА — служебная аппаратура дистанционного обслуживания космического аппарата; ЗУ — зарядное устройство; А — амперметр; V — вольтметр

— сверху на АБ; № 3 — под АБ (между АБ и основанием); № 5 — на основании.

Показания термодатчиков, установленных на АБ, приведены на рис. 2.

Согласно разработанной методике испытаний были сняты характеристики при трех значениях температуры в термовакуумной установке ВУ-1А на экране внутри камеры.

В течение всего процесса испытаний велась регистрация следующих параметров заряда-разряда с интервалами 15 мин (либо 5 мин — в особых участках): давление в камере и АБ; температура на экране в термовакуумной установке ВУ-1А; температура основания, на котором

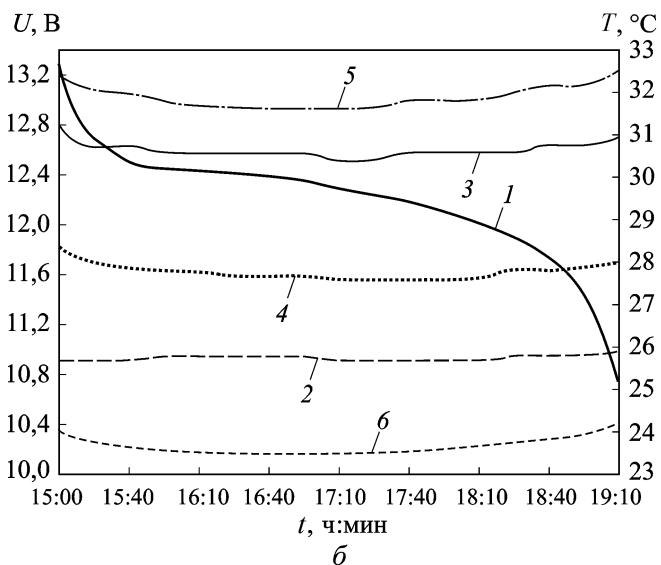
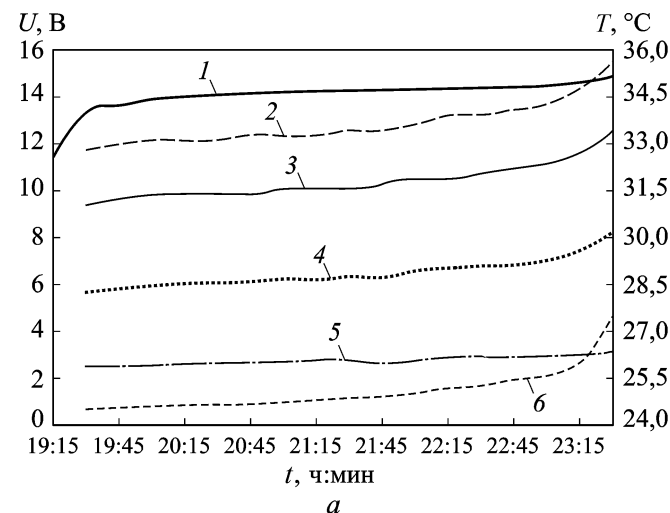


Рис. 2. Заряд (а) и разряд (б) АБ при температуре на экране внутри камеры 30 °С:

1 — UВ; 2-6 — термодатчики № 62, № 61, № 4, № 5 и № 3 соответственно

установлена АБ; температура корпуса АБ; ток заряда $I_3 = \text{const} = 2 \text{ А}$ и разряда $I_p = 2,3 \dots 2,5 \text{ А}$; напряжение АБ при заряде-разряде.

По полученным значениям строятся графики, которые отражают данные заряда-разряда при температурах: -10°C , 20°C , 30°C на экране внутри камеры, что подтверждает требования по надежности и безопасности эксплуатации АБ.

В качестве примера приведены значения заряда и разряда при температуре 30°C на экране внутри камеры (рис. 2).

Предварительно была определена температура на металлических пластинах в центре вакуумной камеры. Температура на экране примерно была равна температуре на металлической пластине, расположенной в центре вакуумной камеры. Поэтому, разместив объект в центре камеры, мы условно приняли, что температура в месте расположения объекта примерно равна температуре на экране камеры. Давление в камере составляло $1,8 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. и выдерживалось в течение всех испытаний. Измеренное падение напряжения на сопротивлении проводов при заряде-разряде составило $0,57 \text{ В}$.

Отличие разработанной методики от существующих заключается в ускоренном определении дефектной АБ для работы в условиях космоса.

По результатам предложенной методики были сделаны следующие выводы:

1. Сокращено время тестирования работоспособности с 14 до 4 суток.
2. Аккумуляторная батарея не теряет работоспособности при равных токах заряда-разряда и выполняет функции стабилизатора напряжения в пределах $12 \dots 15 \text{ В}$.
3. При низком давлении в камере ($1,8 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.) АБ показала работоспособность при повышенных (30°C) и пониженных температурах (-10°C).
4. Аккумуляторная батарея соответствует требованиям по надежности и безопасности эксплуатации в обитаемом объекте и открытом космосе.

Результат работы по предлагаемой методике позволил использовать ее в дальнейшей работе при изготовлении АБ для КА производства ОАО “ВПК “НПО Машиностроения”.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы” (ГК № П608 от 06.08.09).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савенков В. В. Проблемные вопросы разработки приборов для высоковольтной системы электроснабжения российского сегмента международной космической станции. – М.: Энергия, 2000. – С. 26–30.
2. Анисимов А. Н. Решение научно-практической конференции // Электрохимическая энергетика. – 2006. – Т. 6, № 3. – С. 171–174.
3. Фролов Е. С., Минайчев В. Е., Александрова А. Т. Вакуумная техника. – М.: Машиностроение, 1992. – С. 137–149.

Статья поступила в редакцию 20.12.2010

Андрей Аркадьевич Лизунов родился в 1959 г., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1986 г. Начальник расчетно-конструкторского и экспериментально-исследовательского отдела систем электропитания ОАО “ВПК “НПО Машиностроения” (г. Реутов, Моск. обл.).

A.A. Lizunov (b. 1959) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1986. Head of design-construction and experimental-study department of electric power systems of JSC “VPK “NPO Mashinostroeniya” (Reutov, Moscow region).

Вячеслав Сергеевич Тарасов — инженер-конструктор расчетно-конструкторского и экспериментально-исследовательского отдела систем электропитания ОАО “ВПК “НПО Машиностроения” (г. Реутов, Моск. обл.), аспирант кафедры ЭКАО МЭИ.

V.S. Tarasov — engineer-constructor of design-construction and experimental-study department of electric power systems of JSC “VPK “NPO Mashinostroeniya” (Reutov, Moscow region), post-graduate of EКАО department of the Moscow Energy Institute.