

УДК 629.78.064.5

**К.В. БЕЗРУЧКО¹, А.О. ДАВИДОВ¹, С.В. ШИРИНСКИЙ¹, В.П. ФРОЛОВ²,
К.Н. ЗЕМЛЯНОЙ², Р.А. АНДРЮКОВ²**¹*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*²*Государственное конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля, Украина*

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Рассмотрены пути решения задачи продления сроков эксплуатации батарей электрохимических аккумуляторов, эксплуатирующихся в составе комплексов, дооснащенных в ракетные комплексы космического назначения «Днепр».

электрохимический аккумулятор, деградация, ускоренные испытания, продление сроков эксплуатации

Введение

В настоящее время активно проводятся работы по интеграции коммерческих космических аппаратов (КА) с межконтинентальными баллистическими ракетами (МБР) РС-20, дооснащенными в ракету космического назначения (РКН) «Днепр».

В связи с истечением установленных сроков эксплуатации как ракеты в целом, так и ее составных частей, возникает необходимость проведения работ по продлению сроков эксплуатации составных частей ракет, с целью продления их срока эксплуатации до сроков, обеспечивающих запуск РКН «Днепр» по коммерческим программам.

ГКБ «Южное» совместно с Лабораторией автономной энергетики ХАИ проводят работы по обеспечению возможности продления сроков эксплуатации составной части РКН – химической батареи (БХ).

1. Формулирование проблемы

Работы по определению возможности продления сроков эксплуатации БХ проводятся в трех основных направлениях.

Анализ статистики выхода из строя БХ при их эксплуатации в составе МБР РС-20. Указанный метод предусматривает оценку надежности БХ по результатам анализа характера и количества отка-

зов, а также причин их возникновения, в результате чего делается вывод о возможности продления срока эксплуатации БХ до сроков, обеспечивающих запуск РКН «Днепр» в рамках коммерческих программ с выработкой рекомендаций по поддержанию работоспособности БХ в соответствии с требованиями технических условий (ТУ).

Недостатком данного метода является то, что температурно-влажностные условия эксплуатации БХ в разных пусковых установках могут значительно отличаться друг от друга. Это в свою очередь влияет на характеристики БХ (сопротивление изоляции, саморазряд и др.). Кроме того, опыт проведения работ указывает на несвоевременное ведение эксплуатирующими организациями эксплуатационной документации (паспортов) БХ, что не позволяет судить о надежности БХ, руководствуясь данным методом.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что данный метод не является достаточно обоснованным для проведения работ по оценке технического состояния БХ и применим только при отсутствии возможности проведения исследования реальных комплектов БХ.

Проведение индивидуальных проверок БХ в местах эксплуатации без снятия с РН «Днепр». Работы проводятся в соответствии с программно-

методической документацией с использованием штатного оборудования непосредственно во время подготовки РКН к запуску в объеме проведения циклов заряд-разряд-заряд с непрерывной регистрацией токов разряда (заряда) и напряжения БХ [1].

По результатам обработки полученного массива данных делается вывод о соответствии выходных характеристик БХ требованиям ТУ, и, при положительных результатах исследований, БХ допускаются к проведению работ в составе РКН «Днепр».

В случае отклонения характеристик БХ от заданных в ТУ, производится их замена на БХ из состава ЗИП (запасных инструментов и принадлежностей) с проведением повторных проверок.

Проведение индивидуальных проверок БХ является наиболее достоверным методом для оценки их технического состояния, однако для его реализации требуется порядка 2-х суток, что в конечном итоге приводит к увеличению продолжительности подготовки РКН на стартовом комплексе и, соответственно, затрат на проведение пуска РКН.

Проведение исследований технического состояния БХ с использованием экспериментальной базы. Работы проводятся в соответствии с программой-методикой проверки возможности продления срока эксплуатации БХ с использованием разработанного и изготовленного стендового оборудования для проведения диагностики, ускоренных испытаний и восстановления БХ.

Целью исследований является обоснование возможности продления срока эксплуатации БХ для обеспечения коммерческого запуска РКН «Днепр» при условии выполнения технических требований, установленных в ТУ на эксплуатацию БХ.

В результате совместного выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сотрудниками ХАИ и ГКБ «Южное» разработана и отработана программа-методика проверки возможности продления срока эксплуатации БХ, разработано и изготовлено стендовое оборудование для про-

ведения диагностики, восстановления и ускоренных испытаний БХ.

Отработка разработанной программы-методики проводилась на штатных батареях 6НКГ-160 и 27НКП-90.

2. Оборудование для проведения исследований БХ

Для решения задачи обоснования возможности продления срока эксплуатации БХ до сроков, обеспечивающих запуск РКН «Днепр» было разработано стендовое оборудование (рис. 1, 2), позволяющее проводить экспериментальные исследования БХ.

При проведении экспериментальных исследований, стенд позволяет измерять распределение температуры по рабочему объему термокамеры и контролировать температуру аккумуляторов (АК) в течение длительного времени, с высокой точностью измерений, а так же позволяет обеспечить высокую точность определения характеристик АК в процессе экспериментальных исследований.

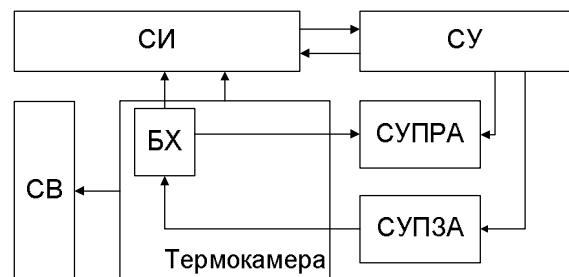


Рис. 1. Структурная схема стенда для проведения экспериментальных исследований

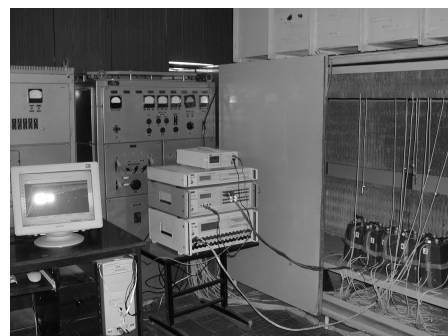


Рис. 2. Общий вид стенда для проведения экспериментальных исследований

В состав стенда для исследования ресурсных ха-

рактических АК и БХ входит следующее специализированное оборудование:

а) специализированное устройство поэлементного заряда АК (СУПЗА) – предназначено для заряда единичных АК в составе БХ различных электрохимических систем емкостью от 1 до 200 А·ч для решения задач экспериментальных исследований;

б) специализированное устройство поэлементного разряда АК (СУПРА) – предназначено для разряда единичных АК в составе БХ различных электрохимических систем емкостью от 1 до 200 А·ч для решения задач экспериментальных исследований АК;

в) система измерения (СИ) – должна обеспечивать автоматизированные измерения, и предназначена для измерения поля температур в зоне размещения БХ, а так же поэлементного контроля АК в процессе экспериментальных исследований;

г) система управления (СУ) – осуществляет автоматизированное управление силовым оборудованием и СИ по заданной логике и обработку результатов измерений, произведенных СИ;

д) система вентиляции (СВ) – предназначена для обеспечения требований техники безопасности при работе с негерметичными щелочными электрохимическими АК. Задачей СВ является удаление вредных испарений от БХ из рабочей зоны;

е) термокамера – предназначена для регулирования температуры среды в зоне размещения БХ;

ж) специализированное программное обеспечение (СПО) – предназначено для реализации логики управления автоматизированных экспериментальных исследований БХ с использованием стандартного протокола RS232 для коммуникации с измерительным и силовым оборудованием и сбора статистических данных для дальнейшей обработки.

Специализированное программное обеспечение в ходе экспериментальных исследований БХ проводит автоматизированный контроль, визуализацию и расчет необходимых параметров с выдачей протокола

результатов исследований и предварительной обработки данных.

3. Программа-методика проверки возможности продления срока эксплуатации БХ

Для обоснования возможности продления срока эксплуатации БХ в соответствии с техническим заданием разработана программа-методика проверки возможности продления срока эксплуатации БХ сверх ранее установленного гарантийного срока.

Программа-методика основана на анализе причин деградации никель-кадмиевых (НК) АК и процессов, протекающих в них, и отработана на батареях 6НКГ-160 и 27НКП-90.

Определение возможности продления сроков эксплуатации было произведено на основе ускоренных ресурсных испытаний АК [1], входящих в состав БХ. Ускорение деградационных процессов АК производилось с помощью воздействия повышенных температур [2, 3], что обусловлено тем, что данный способ позволяет эффективно моделировать процесс эксплуатации НК АК в дежурном режиме, а контроль температуры среды не представляет сложностей для современного испытательного оборудования.

При проверке возможности продления срока эксплуатации БХ согласно разработанной программе-методике работы проводятся в следующем порядке:

а) подготовительные мероприятия – определение конструктивного состояния АК, входящих в состав БХ, определения целесообразности проведения экспериментальных исследований и подготовка БХ к ним;

б) диагностика начального состояния электрохимической системы АК, – определение состояния АК перед проведением ускоренного старения;

в) ускоренное старение под воздействием повышенной температуры в течение установленного времени, имитирующее длительную эксплуата-

цию в штатных условиях для определения характеристики саморазряда и коэффициента ускорения саморазряда;

г) диагностика конечного состояния АК, для определения их состояния после ускоренного старения;

д) анализ результатов исследований для определения остаточного ресурса БХ и оценки возможности продления срока эксплуатации БХ для обеспечения коммерческого запуска РКН «Днепр».

Заключение

Проведение работ по определению возможности продления сроков эксплуатации БХ в составе РКН является перспективным наукоемким направлением, включающим в себя сбор информации о режимах, условиях эксплуатации БХ и статистики их отказов, разработку программно-методической документации, обоснование выбора экспериментальной базы и проведение эксперимента, анализ результатов эксперимента, научное обоснование возможности продления сроков эксплуатации БХ в составе РКН.

Для получения достоверной информации, работы по определению возможности продления сроков эксплуатации БХ в составе РКН должны проводиться по следующим этапам:

- сбор и анализ статистических данных с мест эксплуатации БХ;
- разработка программно-методической документации, подготовка экспериментальной базы и проведение эксперимента;
- анализ результатов эксперимента с выпуском отчетов по обоснованию возможности продления сроков эксплуатации БХ в составе РКН.

По результатам выполненных работ:

а) разработана программа-методика, позволяющая проводить диагностику, восстановление и ускоренные испытания АК и БХ;

б) разработана и создана стендовая база, позволяющая проводить диагностику, восстановление и

ускоренные испытания АК и БХ;

в) при отработке программы-методики на химической батарее 6НКГ-160 был получен коэффициент ускорения саморазряда БХ до 450, что позволяет в сжатые сроки определять остаточный ресурс БХ;

г) разработанная программа-методика позволяет определить возможность продления срока эксплуатации БХ в составе РКН «Днепр» для обеспечения коммерческого запуска последней, и может быть применена для определения остаточного ресурса НК АК различных типоразмеров;

д) применение данной методики возможно и для АК других типов электрохимических систем, но после некоторой доработки, касающейся в основном разработки теоретической базы.

Литература

1. Обеспечение электроснабжения КА и технологического оборудования, участвующего в подготовке КА на стартовой позиции КРК / Р.А. Андрюков, К.Н. Земляной, В.П. Фролов, С.В. Сиденко // *Авиационно-космическая техника и технология: Научн.-техн. журн.* – 2005. – № 9 (25). – С. 157-161.
2. Ширинский С.В. Теоретические аспекты ускоренных испытаний щелочных аккумуляторов на саморазряд // *Авиационно-космическая техника и технология: Научн.-техн. журн.* – 2006. – № 2 (28). – С. 37-40.
3. Ширинский С.В., Харченко А.А., Безручко К.В. Саморазряд бортовых аккумуляторов летательных аппаратов и способы его ускорения для прогнозирования их ресурсных характеристик // *Авиационно-космическая техника и технология: Научн.-техн. журн.* – 2006. – № 6 (32). – С. 47-51.

Поступила в редакцию 31.05.2007

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.