

соответствующем разряде. В итоге значение сопротивления подгоняемого резистора 12 постепенно приближается к установочному значению.

#### Список использованных источников

1. Авторское свидетельство СССР № 1827687, кл. Н 01 С 17/24, 1993. Опубликовано: 15.07.1993. Бюл. № 26. Устройство для подгонки толстопленочных резисторов [Текст]/Пиганов М.Н., Шопин Г.П., Самсонов А.Ю.; заявитель Самарский авиационный институт им. С.П. Королёва

Исмаилова Елена Владимировна, аспирантка каф. КТЭСиУ, ismagilova.ev@ssau.ru; Шопин Геннадий Павлович, доцент каф. КТЭСиУ, ozoier@yandex.ru; Новомейский Дмитрий Николаевич, аспирант каф. КТЭСиУ, dmitr.novomejscky@yandex.ru.

УДК 539.1.043; 539.1.08

### АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ОБРАЗЦОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

А. В. Родина, М.П. Калаев

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** космический аппарат, солнечная батарея, внешние воздействующие факторы.

В настоящее время выдвигаются все большие требования к надежности и длительной безотказной работе космических аппаратов (КА), в связи с чем наиболее важной составляющей является стойкость поверхностных элементов и материалов КА к внешним воздействующим факторам: потоки заряженных частиц, электромагнитное излучение, космическая плазма, высокоскоростные мелкодисперсные частицы (МДЧ) и другие [1]. Исследованиями в области воздействия МДЧ на поверхностные элементы, в том числе солнечные батареи (СБ), занимались такие российские авторы, как Н.Д. Семкин, Л.С. Новиков, А.Б. Надирадзе и другие. Эксперименты по оценке воздействия МДЧ на образцы СБ проводятся на борту международной космической станции (МКС), что в первую очередь является финансово затратным, а также ограничивает область исследования. В связи с этим можно считать целесообразным создание аппаратуры для исследования деградации образцов СБ на борту невозвращаемых космических аппаратов, что позволит существенно ускорить время проведения эксперимента, провести испытания на различных орбитах (отличных от МКС) при незначительном снижении качества и информативности эксперимента.

Для решения поставленной задачи разработан прибор для исследования деградации образцов СБ, предназначенный для установки на поверхность малого космического аппарата. Прибор выполнен в виде моноблока объемом 4 дм<sup>3</sup>, внутри которого расположены исследуемые образцы СБ, а также измерительный модуль для оценки изменения их характеристик в ходе космического эксперимента, включающий в себя микроконтроллер, 24-разрядный АЦП, прецизионный усилитель, источники вторичного электропитания, а также устройство сопряжения с каналом бортовой телеметрии. Образцы СБ размещены на двух поворотных держателях (по пять образцов на каждом), которые позволяют менять положение СБ из укрытого во внутреннем объеме прибора на положение экспонирования и обратно. Поворотные держатели приводятся в движение с помощью двух шаговых двигателей, на оси которых они расположены. При этом СБ на одном из держателей являются контролируемыми, а на втором – опорными. Опорные СБ большую часть времени находятся в укрытом положении и таким образом не подвергаются воздействию факторов космического пространства. Контролируемые СБ находятся в укрытом положении только во время вывода на орбиту, а в ходе орбитального полета экспонируются. При измерении характеристик опорные и контролируемые СБ одновременно переводятся в положение экспонирования, затем после паузы в несколько минут (необходимой для выравнивания их температур) производится измерение их характеристик. При этом используется дифференциальная схема, которая позволяет регистрировать предельно малые изменения тока и напряжения контролируемой СБ относительно опорной (на уровне 0,01%). Кроме того у каждой СБ контролируется температура с помощью термопары, приклеенной к ее внутренней поверхности. Результаты измерений периодически передаются в наземный пункт приема вместе с другой научной телеметрией КА. В первые сутки полета разность показаний опорной и контролируемой СБ минимальна, однако через некоторое время (месяцы, годы) начинает регистрироваться разность показаний.

В результате данной работы был проведен анализ воздействующих на КА внешних факторов и разработана аппаратура для оценки деградации образцов СБ на борту КА, изготовлен макет и проведены испытания с использованием линейного электродинамического ускорителя.

#### Список использованных источников

1. Родина А.В., Калаев М.П. Разработка лабораторного стенда для исследования воздействия факторов космического пространства на материалы // Решетневские чтения: Материалы XXV Международной научно-практической конференции. Сборник трудов конференции. – 2021. – Ч. 1. – С. 389–390.
2. Калаев М.П., Родина А.В., Телегин А.М. Исследование изменения характеристик солнечных батарей при воздействии факторов космического

УДК 621.384.659

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

А.А. Демидов, А.П. Быков, М.Н. Пиганов

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Отказы изделий ракетно-космической техники (РКТ) и космической промышленности приводят к большим финансовым потерям ввиду невозможности или дороговизны выявления и ремонта отказа, произошедшего на объектах, находящихся в космосе. К тому же, в некоторых случаях потери могут исчисляться не только деньгами, но и человеческими жизнями.

Одним из направлений повышения надежности изделий РКТ являются производственные испытания [1]. В данной работе рассмотрены особенности испытаний ракетно-космической техники (РКТ). Проведение испытаний и осуществление экспериментальной отработки изделий РКТ – это один из важнейших этапов процесса создания конкурентоспособных технических систем с высокой степенью надежности. В первую очередь это касается радиоэлектронной аппаратуры и бортовых приборов. Согласно ГОСТ 16504-81, «испытания – это экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий» [2].

Цели испытаний всегда различаются для разных этапов проектирования и изготовления изделия. В обобщенном виде целью экспериментальной отработки изделия РКТ является подтверждение, что состояние изделия в сборе, полностью удовлетворяет требованиям технического задания [3]. Экспериментальная отработка завершает процесс создания изделия РКТ. Однако эта отработка не только конечное звено, она присутствует на всех этапах проектирования.

В современном производстве РКТ экспериментальная отработка – это, как правило, наземная отработка частей и систем изделий РКТ с максимально возможной имитацией условий эксплуатации [4]. Основные задачи, необходимые для решения при достижении цели испытаний, можно представить в следующем виде:

1. Оценка правильности примененных схемных и конструктивных решений, лежащих в основе проекта КА, их корректировка в процессе отработки.