

модели с блоком-идентификатором на нечеткой логике, которая обеспечивает адаптацию эталонной модели к широким изменениям режимов полета БПЛА.

Библиографические ссылки

1. Calise A. J. H. Lee, N. Kim. High bandwidth adaptive flight control // AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference. Denver, CO, 2000.
2. Ogata K. Modern control engineering. New Jersey : Prentice Hall, 1990.

3. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. М. : Горячая линия – Телеком, 2007.
4. Дьяконов В., Круглов В. Матлаб. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. СПб. : Питер, 2001.
5. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М. : Горячая Линия – Телеком, 2007.
6. Fuzzy Logic Toolbox. User's Guide, Version 2.1 The MathWorks, Inc., 2001.

E. V. Matveev, V. A. Glinchikov

ADAPTIVE REFERENCE MODEL IN CONTROL SYSTEM OF UNMANNED AERIAL VEHICLE

In the paper we consider control system with application of adaptive reference model. For identification of changing parameters of object and the subsequent adaptation of a reference model the block identifier constructed with application of an indistinct logic conclusion is used.

Keywords: adaptive reference model, indistinct logic, identification of conditions, indistinct model learning.

© Матвеев Е. В., Глинчиков В. А., 2010

УДК 629.78.064

П. И. Мельников, В. С. Кудряшов, В. И. Кузоро, Е. А. Шангина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ С КОНЦЕНТРАТОРОМ: ИДЕЯ, КОНСТРУКЦИЯ, МЕТОДИКА ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ*

Приводится описание экспериментального модуля (ЭМБС) солнечной батареи, оснащенного концентратором солнечного света в виде плоских отражателей, а также описание методики летного эксперимента на низкоорбитальном КА «Юбилейный-2».

Ключевые слова: космический аппарат, солнечные батареи.

Введение. Очевидно, что в ближайшее десятилетие для решения прикладных задач в околоземном космосе основным источником энергии по-прежнему будут солнечные батареи. Это оправдывает усилия, направленные на поиск путей дополнительного повышения их характеристик.

Для его преодоления необходимо создание упреждающего задела. Одним из наиболее перспективных способов повышения характеристик солнечных батарей является разработка новых конструкций с концентраторами солнечного света.

Применение концентраторов обеспечивает улучшение базовых показателей солнечной батареи:

- повышение удельной мощности (Вт/м², Вт/кг);
- снижение удельной стоимости S (руб./Вт).

Конечной целью этих усилий является достижение конкурентных преимуществ солнечных батарей (БС) для КА, разрабатываемых в ОАО «ИСС».

Для оценки практически реализуемых характеристик необходима разработка макетных образцов, проведение испытаний. Для оценки стойкости характеристик концентраторов солнечного света к факторам космического пространства (ФКП) необходимо проведение летного эксперимента [1].

В качестве первого шага по исследованию БС с концентраторами в ОАО «ИСС» было принято решение о проведении натурного эксперимента ЭМБС на КА «Юбилейный-2», запуск которого запланирован на начало 2011 г.

КА «Юбилейный-2» – микроИСЗ с одноосной системой ориентации на Землю и с неориентированной солнечной батареей. Внешний вид КА показан на рис. 1. Очевидно, что в условиях подобного КА проведение качественного летного эксперимента со статусом летной квалификации инновационных конструкций БС с концентраторами солнечного света не представляется возмож-

*Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

ным. Основным преимуществом использования КА «Юбилейный-2» для проведения летного эксперимента является высокая оперативность и дешевизна.

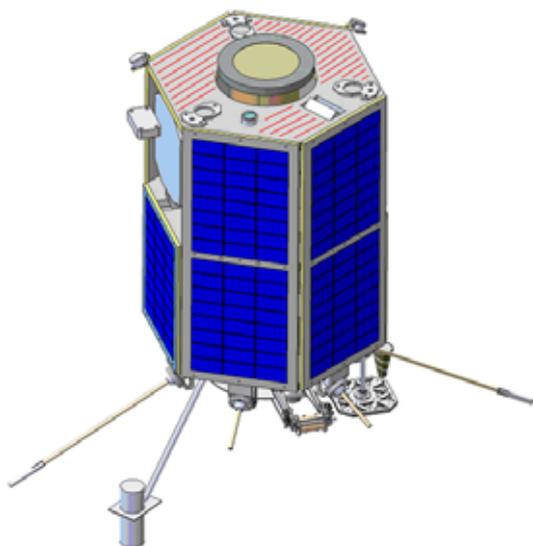


Рис. 1. Внешний вид КА «Юбилейный-2»

На выходные характеристики панели БС с концентраторами в общем случае влияют:

- воздействие факторов космического пространства, приводящие к ухудшению оптических характеристик отражателей и снижению мощности самих ФЭП;
- конструктивные отклонения размеров и углов от теоретических;
- отклонение лучей Солнца от нормали к поверхности ФЭП.

Учитывая ограниченные возможности, предоставляемые КА для проведения летного эксперимента (неориентированные БС, ограничения по объему ТМ-измерений и т. п.), перед летным экспериментом ставятся следующие задачи:

- определение принципиальной возможности проведения летных экспериментов с солнечными батареями на КА типа «Юбилейный»;
- качественная оценка работоспособности отражателей и стабильность их оптических характеристик в условиях космоса при воздействии внешних факторов: радиации, ультрафиолета, микрометеоритов, загрязнения собственной атмосферой КА и т. п.

Внешний вид ЭМБС. Состав. Вид 3D-модели ЭМБС приведен на рис. 2.

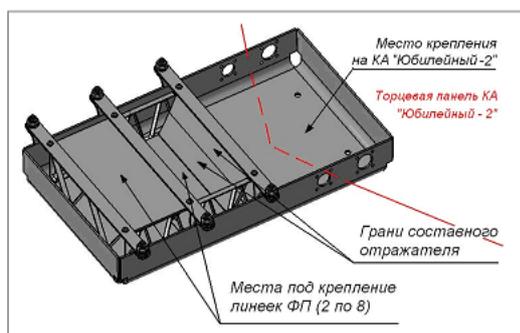


Рис. 2. Вид 3D-модели ЭМБС

Внешний вид изготовленного модуля приведен на рис. 3.

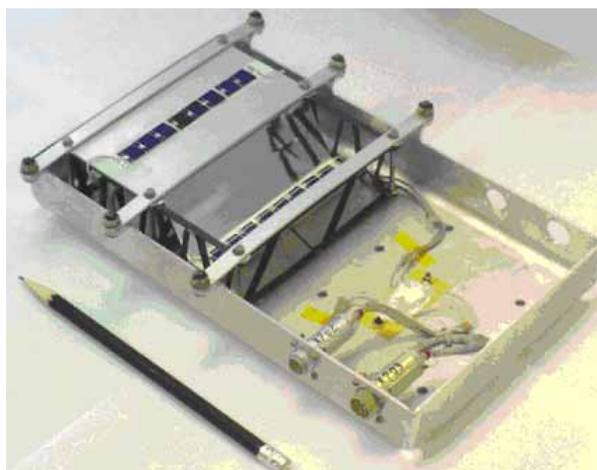


Рис. 3. Внешний вид ЭМБС

ЭМБС состоит из следующих частей:

- 1) испытываемая часть, включающая в себя:
 - каркас;
 - плоские отражатели;
 - 8 ФЭП из трехкаскадного арсенида галлия размером 10×10 , соединенных последовательно;
- 2) контрольная часть, состоящая из аналогичной цепочки ФЭП, но без отражателей;
- 3) блок-резисторов;
- 4) два датчика температуры;
- 5) соединители:
 - силовой соединитель;
 - соединитель для передачи данных с датчиков температуры.

Особенности конструкции. Выбор профиля концентратора ограничивался габаритами углепластикового каркаса, который имеет размеры профиля 30 (высота) \times 50 (ширина).

При проведении расчетов были определены наиболее оптимальные профили концентраторов, позволяющие получить максимальные коэффициенты концентрации при данных габаритах.

Оптимальным представляется вариант с плоским составным концентратором с углами наклона плоскостей 60° и 65° (рис. 4).

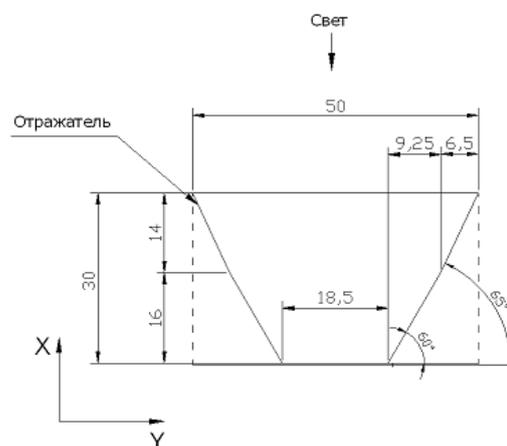


Рис. 4. Вариант с плоским составным концентратором

Для уменьшения зависимости выходных характеристик модуля от точности ориентации и ввиду отсутствия необходимости в получении максимальных удельных характеристик (в рамках эксперимента) была установлена линия из ФЭП с габаритами меньшими, чем зона, на которую происходит концентрация света. При таком исполнении весь отражающий свет при точности ориентации не хуже 5° гарантированно попадает на ФЭП.

Общий вид модуля представлен на рис. 5.

Электрический интерфейс. При проведении эксперимента необходимо получить данные о значениях следующих параметров:

- напряжение испытуемого образца $U_{и}$;
- напряжение контрольного образца $U_{к}$;
- температура испытуемого образца;
- температура контрольного образца.

Примерный вид ВАХ ЭМБС приведен на рис. 6.

Функциональная электрическая схема ЭМБС представлена на рис. 7.

Методика летного эксперимента. Из-за неориентируемой БС проведение эксперимента значительно усложняется.

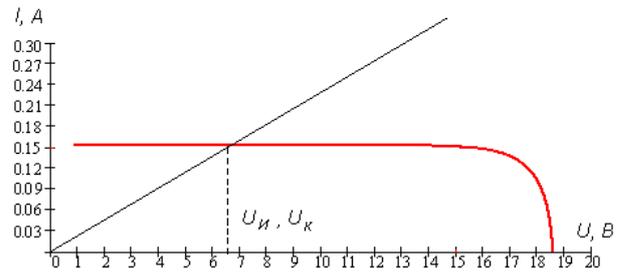


Рис. 6. Вид ВАХ ЭМБС

ОАО «ИСС» была проведена проработка возможности проведения эксперимента в отсутствии ориентируемой солнечной батареи. Далее приводятся результаты проработки.

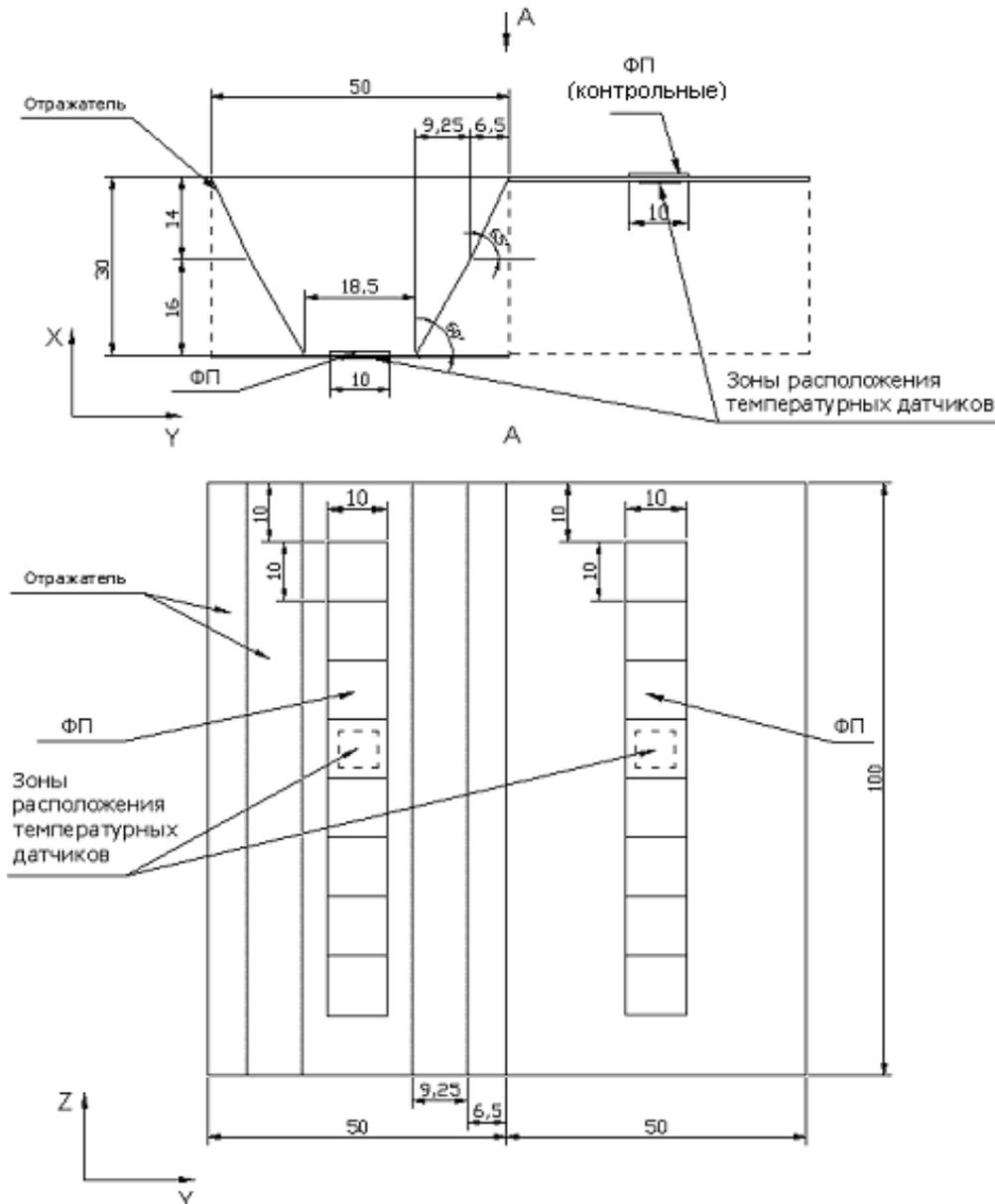


Рис. 5. Общий вид модуля

При отклонении нормали к поверхности ФЭП от нормали на Солнце даже на малые углы происходит значительное уменьшение коэффициента концентрации. Поэтому точность ориентации панели с концентратором на Солнце при проведении эксперимента должна быть не менее 5° .

Учитывая требования по точности ориентации к условиям проведения эксперимента, а также конструктивные особенности КА «Юбилейный-2», наиболее приемлемым вариантом проведения экспериментов является установка модулей с концентраторами (ЭМБС) на торцевую часть КА по оси «+X» (см. рис. 1).

При этом съем ТМИ имеет смысл производить только в 10 витков до витка с максимальной тенью Земли и 10 витков после витка с максимальной тенью Земли.

В эти 20 витков КА «Юбилейный-2» находится в диапазоне $\pm 3,4$ мин ($\pm 10^\circ$) от точки, ближайшей к Солнцу (рис. 8).

Данный диапазон витков является максимальным, внутри которого теоретически возможно получение точности ориентации лучше 5° .

Причем в двух крайних витках диапазона точность ориентации лучше 5° возможна в случае выполнения следующих условий:

- при отклонении аппарата в момент времени $-3,4$ мин на угол $+5^\circ$ (исходя из допуска на точность ориентации);
- при отклонении аппарата в момент времени $+3,4$ мин на угол -5° .

Эти случаи являются максимально благоприятными, так как происходит компенсация отклонения орбитального угла углом максимального отклонения от ориентации на Землю.

Очевидно на практике точность ориентации лучше 5° не будет достигаться внутри всего диапазона $\pm 10^\circ$. Поэтому при обработке данных предполагается отбрасывать значительную часть из них, установив порог по значениям.

Выводы. Проведение летного эксперимента с ЭМБС запланировано в течении срока активного существования КА. По результатам, полученным в ходе летных испытаний, будет сделан вывод о работоспособности отражателей и стабильности их оптических характеристик в условиях космоса.

Данные, полученные в ходе испытаний, будут использованы для планирования экспериментов с более представительными образцами БС на КА с ориентированными солнечными батареями.

Библиографическая ссылка

1. Кудряшов В. С., Базилевский А. Б. Конспект лекций программы учебного семинара по теме «Разработка СЭП с повышенной мощностью и КПД для КА» / ОАО ИСС. Красноярск, 2004.

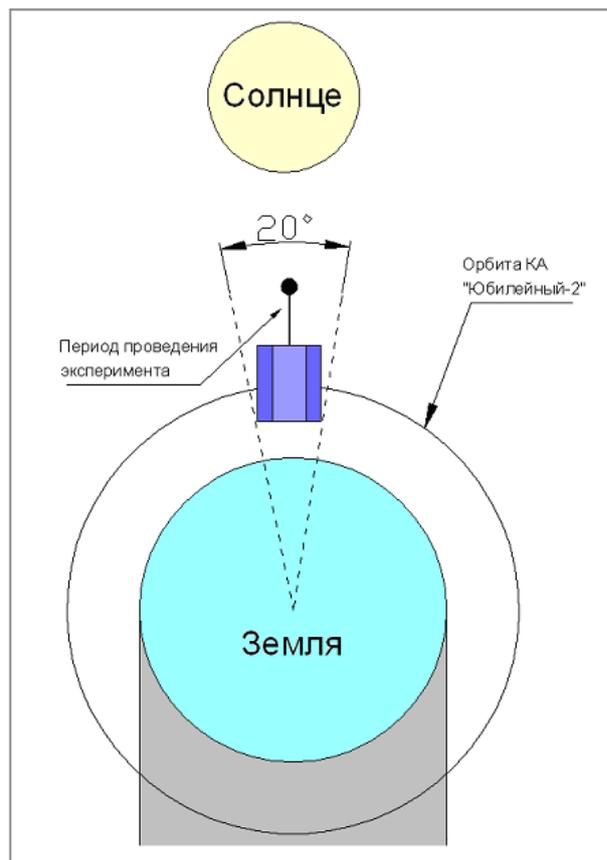


Рис. 8. КА «Юбилейный-2»

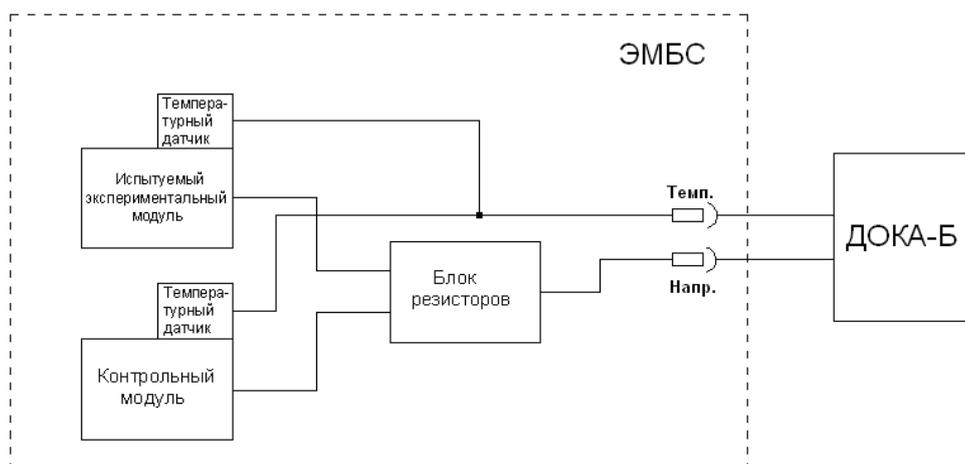


Рис. 7. Электрическая схема ЭМБС

P. I. Melnikov, V. S. Kudryashov, V. I. Kuzoro, E. A. Shangina

SOLAR BATTERIES EXPERIMENTAL UNIT WITH CONCENTRATOR: IDEA, CONSTRUCTION, METHODOLOGY OF FLIGHT TESTS

In the article we describe experimental unit of solar battery with plane concentrator of sun light, and give description of methodology of flight tests on spacecraft «Jubilee-2».

Keywords: spacecraft, solar battery.

© Мельников П. И., Кудряшов В. С., Кузоро В. И., Шангина Е. А., 2010

УДК 621.396.677

С. В. Поленга, Ю. П. Саломатов

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СЕТЕЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ*

Рассматриваются принципы создания отражательных антенных решеток на основе микрополосковых элементов. Приводятся результаты экспериментального исследования созданного прототипа ОАР.

Ключевые слова: отражательная антенная решетка, ячейка Флоке, Ки-диапазон.

В спутниковых системах связи необходимо использовать антенные системы с высоким коэффициентом усиления. Традиционно в таких случаях используются зеркальные антенны (ЗА) или антенные решетки. Применение ЗА в ряде случаев затруднено или невозможно из-за громоздкой формы рефлектора, также ЗА является сложной в производстве, особенно в области высоких частот и специальных форм диаграмм направленности (ДН). В результате развился новый тип антенн, который лишен некоторых недостатков параболических зеркальных антенных систем – отражательных антенных решеток (ОАР)

Подобно параболическому рефлектору, ОАР могут достигать очень высокой эффективности (> 50 %) для больших апертур [1], так как нет необходимости использовать делители мощности, подводящие цепи и другие элементы с возможными потерями. С другой стороны, возможна реализация ОАР с отклонением главного лепестка на большой угол от перпендикулярного направления, а также с диаграммой направленности (ДН) специальной формы.

Направление на спутник может быть задано на стадии проектирования антенны, таким образом ОАР могут крепиться непосредственно на выбранную стену здания. В таком случае снижаются затраты на поддерживающие конструкции, уменьшаются ветровые нагрузки на плоскость антенны, уменьшается влияние осадков, возможно использование обтекателя, имитирующего стену здания или рекламный плакат, таким образом ОАР не портит эстетический вид города.

Возможно сегментирование плоскости ОАР на отдельные подрешетки. Данная особенность позволяет значи-

тельно облегчить транспортировку антенн с большими размерами. Транспортировка ЗА с размерами более 2 м затруднительна в регионах с ограниченной транспортной сетью, где потребность в антенных системах с высоким коэффициентом усиления особенно высока. Также возможно создание разворачиваемых конструкций для мобильного применения.

Благодаря малой толщине рабочего слоя ОАР, она может быть установлена на имеющуюся поверхность без значительного увеличения габаритов и веса общей системы.

ОАР с сотнями или тысячами микрополосковых элементов могут производиться по имеющейся дешевой и точной технологии химического травления, что экономически целесообразно для ОАР с большими апертурами.

Другой важной особенностью данного типа антенн является возможность формирования ДН специальной формы, а также контурных диаграмм, используя известные техники фазового синтеза. Подобно параболическому рефлектору могут быть построены антенные системы с несколькими лучами, соответственно с несколькими облучателями, расположенными в фокальной области.

Для реализации электронного сканирования луча в элементы ОАР могут быть включены электронные фазовращатели. С такими возможностями ОАР нет необходимости в использовании сложных диаграммообразующих схем с высокими потерями и дорогостоящих усилителей в традиционных фазированных антенных решетках.

В настоящее время все большее распространение получают системы спутниковой связи и телевидения. Со-

*Работа выполнена при поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».