

УДК 629.78+621.382.049.77

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

© 2014 А.В. Наседкин, И.Ю. Шумских

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Показана целесообразность замены защитных покрытий на основе лака УР-231 на плёнки поли-пара-ксилилена в электронных узлах космической аппаратуры. Для подтверждения возможности использования данного покрытия предложены методика ускоренных испытаний и тестовые конструкции прибора, блока и электронного узла. Сделан выбор испытательных воздействий и оборудования. Предложена методика нанесения плёнок поли-пара-ксилилена на рабочую поверхность электронного узла.

Космическая аппаратура, электронные устройства, защитные покрытия, плёнки поли-пара-ксилилена, тестовые конструкции, ускоренные испытания, методики.

Введение

В настоящее время на многих предприятиях при изготовлении приборов для защиты электронных компонентов в качестве покрытия используется лак УР-231 ОСТ 92-1468-90. Формирование покрытия из лака УР-231 производится путём многократного нанесения материала в два-три слоя. Данное покрытие обладает рядом недостатков, в том числе и не обеспечивает в ответственных случаях требуемую защиту. Особенностью лакового покрытия является наличие внутренних напряжений и, как следствие, растрескивание, так как осаждение происходит из жидкой фазы и для формирования покрытия требуется повышенная температура отверждения.

На сложнопрофильных поверхностях, на острых кромках и в узких зазорах лаковое покрытие не вполне гарантирует требуемую степень защиты.

В связи с применением высокоинтегрированной элементной базы, уменьшением расстояния между выводами, увеличением количества компонентов, устанавливаемых на печатную плату (ПП), и применением ВГА-компонентов, возникает проблема заполнения узких зазоров, покрытия острых кромок сложнопрофильной поверхности.

Поэтому целесообразна замена лака УР-231 на другое покрытие, обладающее набором свойств, которые позволяют использовать его в качестве основного покры-

тия печатных узлов приборов космического назначения.

В настоящее время для защиты печатных узлов применяют покрытие на основе поли-пара-ксилилена [1,2]. Для того, чтобы определить возможность использования данного покрытия на бортовых приборах, необходимо провести испытания.

Ввиду того, что срок активного существования изделия может достигать до пятнадцати лет, проведение обычных испытаний будет слишком длительным и дорогостоящим и поэтому на первый план выходят методы ускоренных испытаний [3-5].

Выбор испытательных воздействий и оборудования

На основании технических условий (ТУ) на изделия необходимо было выбрать только те виды воздействий, которые, в сочетании с внесёнными коэффициентами ускорения, создадут наиболее точную картину прогноза качества нанесённого поли-пара-ксилиленового покрытия (ППКП), а также решить вопросы по созданию типового технологического процесса (ТП), подбору оборудования и порядку проведения испытаний. Согласно частных ТУ на наиболее типовые приборы космического назначения, необходимо подвергнуть тестовый блок следующим воздействиям:

– климатическим (термоциклирование от минус 50 до плюс 70 °С, что является ра-

бочим диапазоном изделий);

– синусоидальным вибрациям (испытания на стойкость к транспортировке, вибрациям при старте ракетносителя);

– воздействиям линейных ускорений (испытание на стойкость к линейным перегрузкам при выведении на орбиту);

– воздействиям ударного импульса (прогнозирование прочности покрытия при старте и выведении на орбиту изделия ракетносителя);

– испытаниям на устойчивость к воздействию повышенной влажности (хранение изделий до пуска).

В характеристике надёжности важно установить параметры корреляции между ускоренным воздействием напряжений и внешними условиями при конечном применении.

При планировании эксперимента необходимо предусмотреть проверку как минимум двух независимых переменных, чтобы сравнить их с зависимой. При испытаниях покрытия на надёжность единственной зависимой переменной является количество циклов воздействия, которым подвергается прибор. Циклическое воздействие имитирует эксплуатацию прибора и связывается с условиями обстановки конечного применения. Тогда независимыми переменными следует считать следующие:

- размах колебаний температуры;
- адгезия к поверхностям ПП и ЭРИ;
- коэффициенты теплового расширения;
- вероятность отказа.

На сегодняшний момент на рынке испытательного оборудования представлено много разнообразных образцов в широком ценовом и функциональном диапазоне:

– климатические камеры Samurai, Mu-Data, VLC;

– вибростенды и ударные стенды BC, DACTRON, ЭГВ стенды фирмы ОАО «СКБИМ», TIRA, KNAUER, Ling, STT.

Из всего модельного ряда было выбрано следующее оборудование: VLC7010,

VLC7030 (климатические камеры); Ling980 (вибростенд); STT-500 (ударный стенд); M155 (центрифуга). Основным критерием выбора были технические характеристики, позволяющие проводить испытания на необходимых режимах.

Тестовые конструкции

Для проведения ускоренных испытаний необходимо было разработать тестовый блок с конструкцией, типовой для блоков, входящих в штатные изделия, и скомпоновать их в тестовый прибор для удобства проведения испытаний и большего приближения к условиям реальной эксплуатации. В состав типовых изделий входят следующие типы корпусов компонентов: PLCC, BGA, Chiparray, chip, SOIC, DDPACK, SOT, LCC, QFP, DIP. Поэтому на тестовый печатный узел были установлены имитаторы ЭРИ с данными корпусами. Из всех производителей ЭРИ-пустышек, таких как Intertronics Co, Benz Ltd, Kaisertech Ltd, TopLine, выбран был последний.

Была разработана оригинальная конструкция тестового блока (рис. 1). Поверхность А покрывается поли-пара-ксилиленом. Толщина покрытия составляет 10...15 мкм.

Конструкция тестового печатного узла должна позволять проводить непрерывный электрический контроль цепей, проверять сопротивление и прочность изоляции. Для этого необходимо выполнить трассировку тестового печатного узла таким образом, чтобы от каждого имитатора ЭРИ сигналы шли на клеммы розетки, к которой в дальнейшем при испытании будет подключаться АСК для выявления изменения характеристик изоляции и точного определения их принадлежности определённому местоположению на тестовом узле. Тестовая печатная плата должна быть изготовлена по технологии металлизации сквозных отверстий, так как все реальные аналоги печатных плат, входящих в типовые приборы, изготавливаются по этой методике.

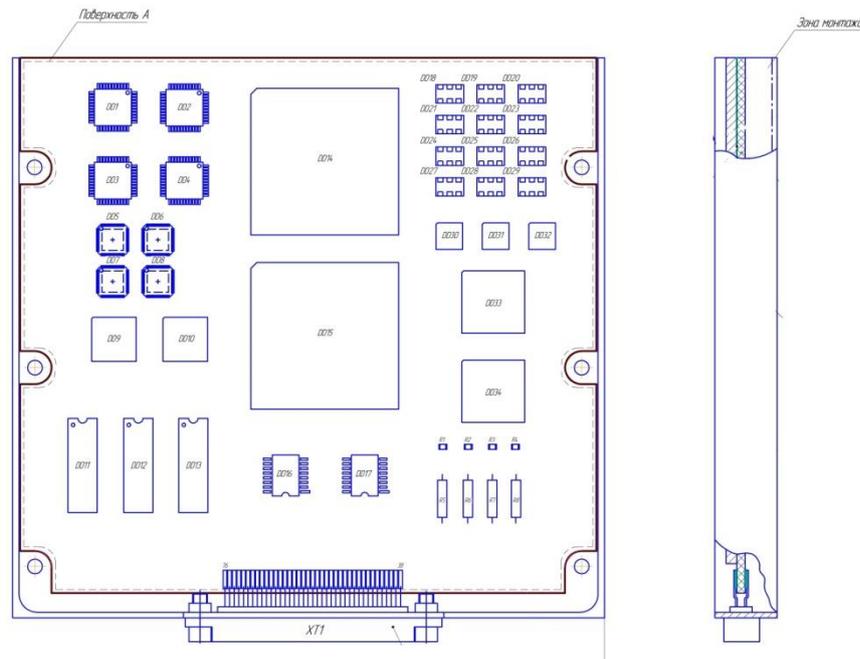


Рис. 1. Конструкция тестового блока

Материал, из которого изготовлена печатная плата, должен быть близким по характеристикам к стеклотекстолиту FR-4 для сохранения характера адгезионных свойств покрытия, например, FR-4+, FR-5, СФ-2, МИ1222. Так как СФ-2 имеет низкое качество запрессовки, проблемы с отслоением

фольги, а МИ1222 имеет проблемы с короблением диэлектрика, то выбор был остановлен на стеклотекстолите FR-4+, имеющим по сравнению с FR-5 более низкую стоимость. С учётом этого была предложена конструкция печатной платы для тестового узла (рис. 2).

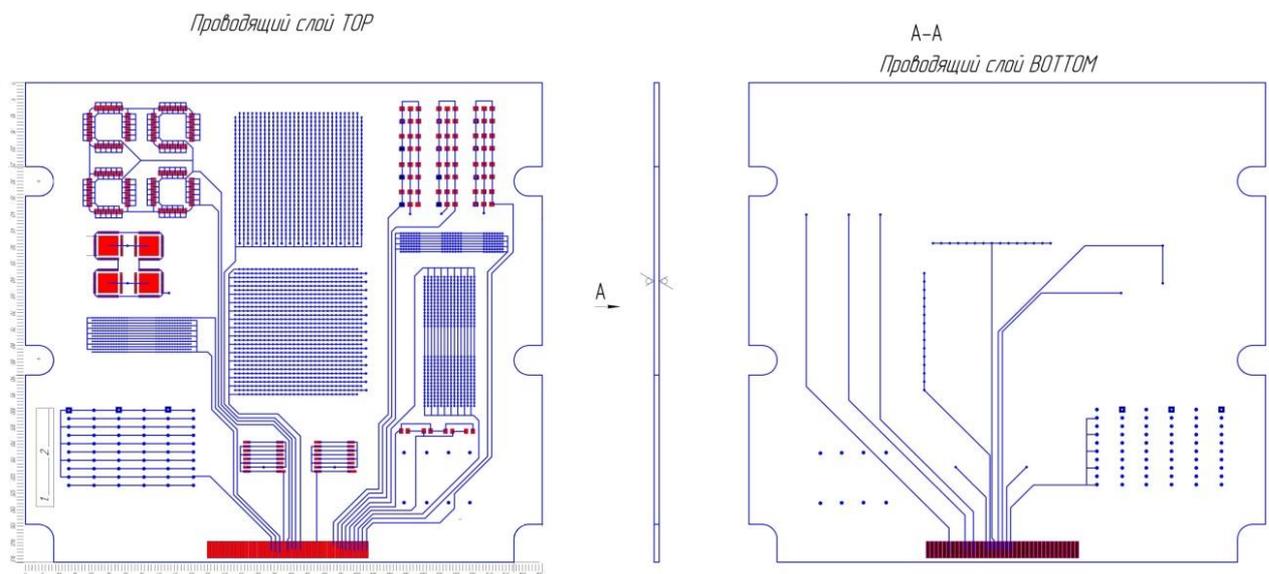


Рис.2. Конструкция печатной платы тестового узла

Размеры контактных площадок SMD-компонентов были рассчитаны при помощи программного пакета IPC Footprint Wizard в Altium Designer (рис. 3). На этой базе была разработана конструкция тестового прибо-

ра (рис. 4).

Была также разработана схема подключения регистрирующих устройств рабочего места испытаний (рис. 5).

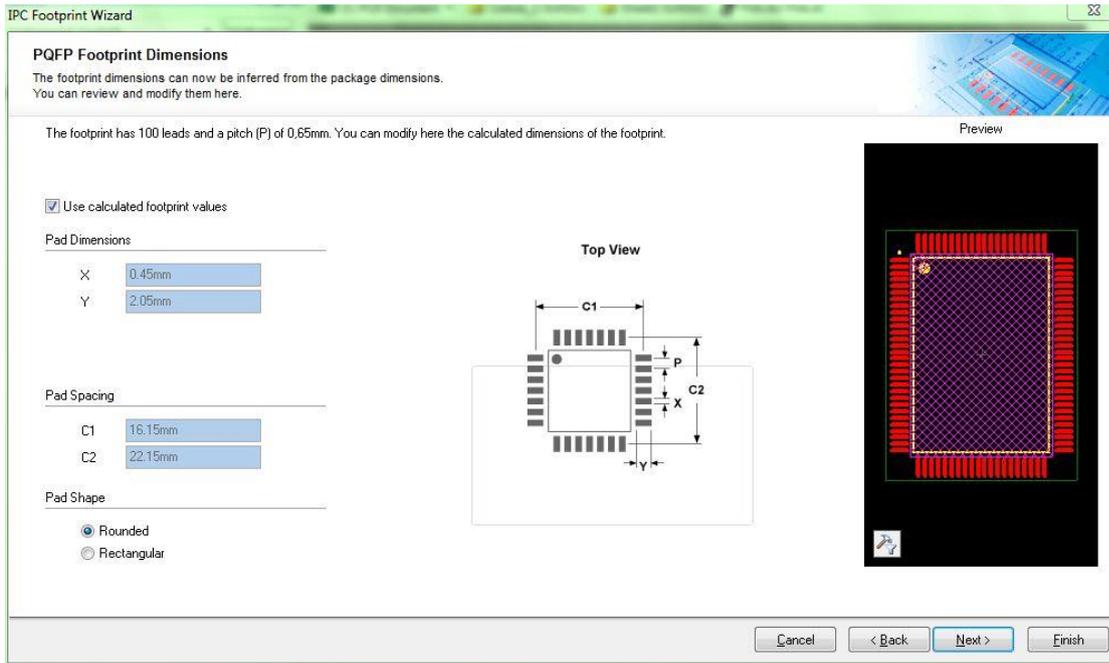


Рис. 3. Рабочее окно программного пакета IPC Footprint Wizard

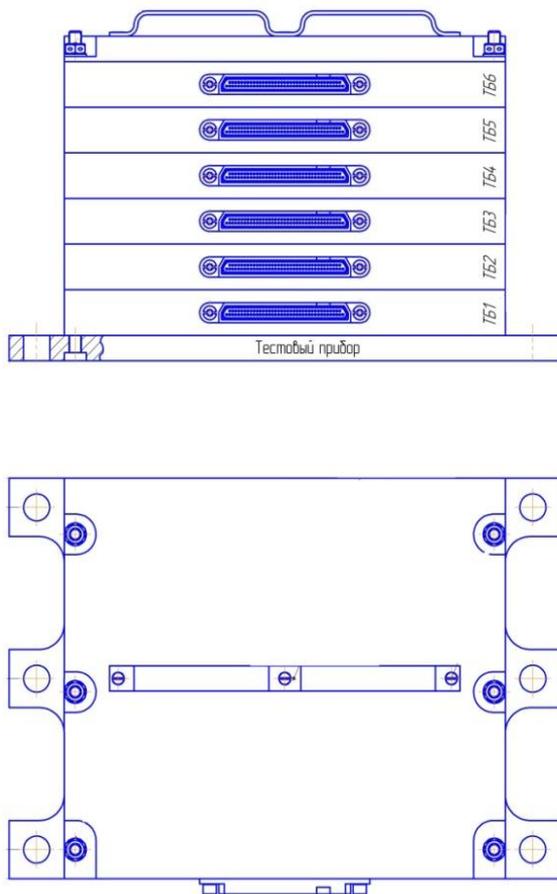


Рис. 4. Конструкция тестового прибора

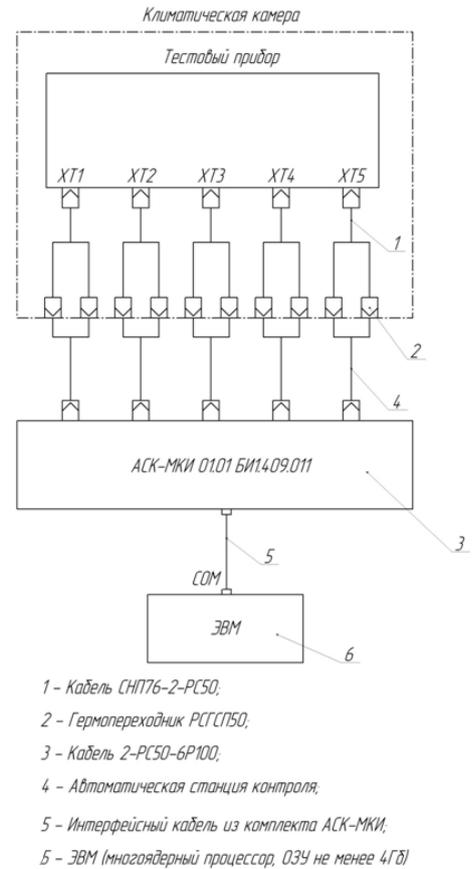


Рис. 5. Схема рабочего места испытаний

Нанесение покрытий

Для нанесения влагозащитных полимерных покрытий на основе поли-параксилилена была использована установка УНБ 3. Схема установки приведена на рис. 6. Установка выполнена по модульному принципу. Каждая технологическая операция выполняется функционально и конструктивно

законченным модулем. Установка содержит следующие основные модули: испаритель; пиролизатор; устройства охлаждения потока; камера нанесения; датчики толщины, вакуума, температуры; привод карусели; устройство аппретирования; нагреватели испарителя, патрубков, колбы; натекатели; азотная ловушка; вакуумная система; клапаны.

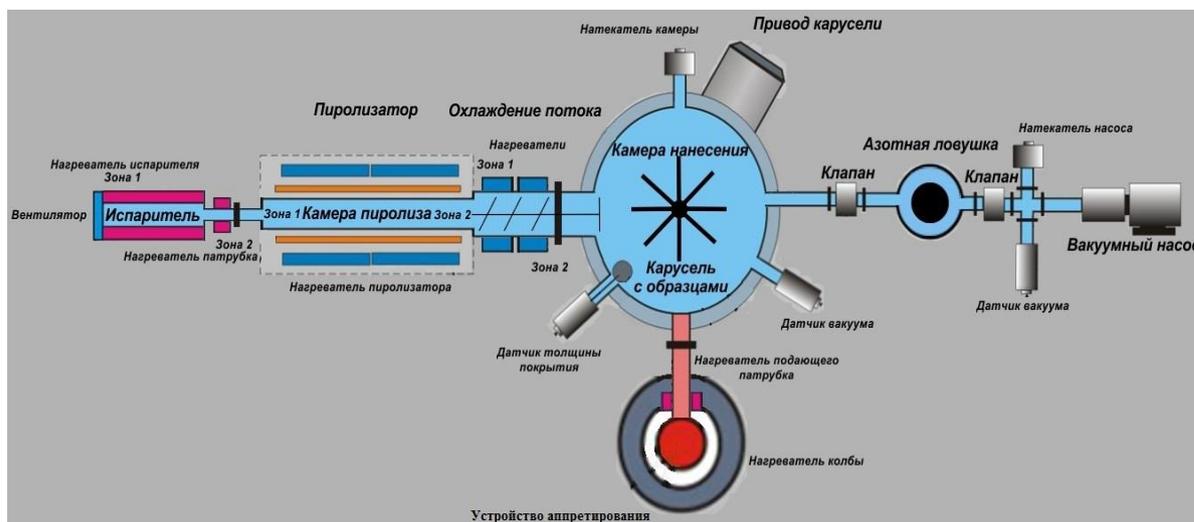


Рис. 6. Схема для нанесения влагозащитных полимерных покрытий

Все модули состыкованы между собой и установлены на общем каркасе. На этом же каркасе установлены пульты управления и два шкафа электроавтоматики. Компьютер и блок бесперебойного питания установлены на отдельном столе.

Порошковый димер параксилена преобразуется в технологическом редакторе при вакууме 2...10 Па в газовую фазу мономера. Она осаждается на «холодную» поверхность платы, образуя полимерную плёнку толщиной 5...30 мкм. Экспериментально установлено, что качественные плёнки образуются при следующих режимах:

- температура испарителя – 120...180°C;
- температура пиролиза – 600...700°C;
- температура зоны охлаждения – 120...130°C;
- температура в колбе – 100...150°C;
- температура стенок камеры – 0...7°C;
- скорость осаждения плёнки – 1,5...2,5 мкм/час.

В качестве датчиков температуры использованы ХА и ХК – термопары. Контроль вакуума производился манометрическими

преобразователями ПМТ-6-3, а также вакуумметром «Мерадат – ВТ12СТ2». Контроль толщины плёнки в процессе её осаждения осуществлялся частотным методом. Для этого использовали измеритель ЧЭС – 01П на основе микропроцессора, специальный генератор и кварц типа РК17ОБА-6АП-2000К с резонансной частотой 2 МГц.

Измерение толщины покрытия после нанесения производили на образце-свидетеле. Он устанавливался на карусели рядом с покрываемой платой.

Напуск воздуха в камеру после нанесения плёнки производился при её нагреве до комнатной температуры.

Выводы

Для определения правильности конструкторско-технологического варианта изделия и его оптимизации разработана методика ускоренных испытаний, которая позволяет оценить возможность использования ППКП для защиты изделий и повышения их надёжности.

Для более точного контроля параметров и минимизации вносимых погрешностей были разработаны тестовый прибор, печатный тестовый блок и тестовый печатный узел, позволяющие вести контроль электрического сопротивления изоляции между разобщёнными цепями.

Подобрано необходимое оборудование и оснастка, позволяющие проводить испытания на всех предусмотренных методикой режимах.

Предложена методика нанесения плёнок поли-пара-ксилилена на рабочую поверхность электронного узла.

Библиографический список

1. Технология защиты микросхем с помощью поли-пара-ксилилена // Сборник рефератов НОИКР. Сер. РТ: М.: ЦНИИ "Электроника." 1986. №24. С.6.

2. Ширшова В.А. Технология влагозащиты и электроизоляции изделий РЭА полипараксилиленом // Компоненты и технологии. 2002. №2. С.32-36.

3. Наседкин А.В. Методика ускоренных исследовательских испытаний паяных соединений поверхностно-монтируемых электрорадиоизделий // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2011. № 7(31). С.153-157.

4. Наседкин А.В., Пиганов М.Н. Методика производственных испытаний электронных узлов / Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 7. С.67-75.

5. Наседкин А.В., Пиганов М.Н. Технологические испытания сложных электронных модулей космической аппаратуры с SMT – монтажом // Самолетостроение России. Проблемы и перспективы: матер. симпоз. с междун. уч. Самара: СГАУ, 2012. С. 284-285.

Информация об авторах

Наседкин Алексей Васильевич, аспирант кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: nasedkinalexey@yandex.ru. Область научных интересов: испытания электронных узлов космической аппаратуры.

Шумских Илья Юрьевич, аспирант кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: il8515@yandex.ru. Область научных интересов: качество паяных соединений электронных узлов.

METHOD OF PRODUCTION TESTING OF ELECTRONIC PARTS

© 2014 A. V. Nasedkin, I.Y. Shumskikh

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

The expediency of replacing coatings based on lacquer UR-231 on the film of poly-p-xylylene in electronic units of space instruments. To confirm the possibility of using this coating technique proposed accelerated test and test instrument design unit and an electronic assembly. Made impacts and selection of test equipment. The technique of application of poly-p-xylylene on the working surface of the electronic unit.

Space equipment, electronic devices, protective coatings, films of poly-para-xylylene test's structures, accelerated testing, methodology.

References

1. Protection technology chips using poly-para-xylylene // Collection of abstracts . Ser. RT : M : CRI "Electronics. " 1986 . № 24. P.6 . (In Russ)
2. Shirshov V.A. Electrical insulation and moisture protection technology products poliparaksililenom CEA // Elements and technology. 2002 . № 2 . P.32-36. (In Russ)
3. Nasedkin A.V. Accelerated research methodology tests of brazed joints surface-mount electrical radio // Bulletin of the Samara State Aerospace University. 2011. № 7 (31) . P.153-157 . (In Russ)
4. Nasedkin A.V. Technique of production testing of electronic components // Bulletin of the Samara State Aerospace University . - 2012 . № 7. P.67 -75. (In Russ)
5. Nasedkin A.V., Piganov M.N. Technological tests of complex electronic modules of spacecraft with SMT - installation // Russian Aircraft . Problems and Prospects. Samara State Aerospace University, 2012 . P. 284-285 . (In Russ)

About the authors

Nasedkin Alexey Vasilyevich, post-graduate student , Department of Design and Technology of Electronic System and Devices. E-mail: nasedkinalexey@yandex.ru. Area of research: testing electronic components of spacecraft.

Shumskikh Ilya Yuryevich, post-graduate student, Department of Design and Technology of Electronic System and Devices. E-mail: il8515@yandex.ru. Area of research: reliability and quality of radio electronic devices.