



УДК 629.783

С. А. Ганенко, В. В. Басынин, З. А. Казанцев

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. акад. М. Ф. Решетнева,
г. Красноярск, Красноярский край, Россия*

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ЮБИЛЕЙНЫЙ-2»

Разработана методология для проведения термобалансных и электро-термовакuumных испытаний спутника негерметичного исполнения. Получена высокая точность схождения результатов математического расчета и экспериментальных данных для точной имитации космического пространства.

Ключевые слова: системы терморегулирования, тепловая трубка.

S. A. Ganenko, V. V. Basynin, Z. A. Kazantsev

Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, Russia

FEATURES OF THE TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF THE SMALL SPACECRAFT «YUBILEYNIY-2»

We have developed a methodology for the conduction of thermobalanced and electrothermovacuum tests of the satellite of non-hermetic performance. We have received a high accuracy of the convergence of the results of mathematical calculations and experimental data for an accurate imitation of space.

Key words: systems of thermal regulation, heat pipe.

Малый космический аппарат (МКА) «Юбилейный-2» предназначен для летных испытаний базовой платформы малоразмерных космических аппаратов, для оперативных научно-исследовательских и экспериментальных работ, а также для отработки бортовой радиоэлектронной аппаратуры. Для обеспечения теплового режима МКА «Юбилейный-2» выбрана система терморегулирования с газорегулируемой тепловой трубой (ГТТ) в качестве основной и контурной тепловой трубы (КТТ) в качестве резервной, электронагревателя и экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ).

ГТТ и ЭВТИ, устанавливаемые на других аппаратах, эксплуатируются в течение более чем 23 лет. Летно-конструкторские ис-

пытания и эксплуатация изделий показали надежную работу указанных элементов системы терморегулирования (СТР).

Контурная тепловая трубка (КТТ) (рис. 1) предназначена для передачи избыточного тепла от прибора «ДОКА-Б» и сброса его в космос посредством радиатора-конденсатора. В случае, когда подвода тепла в зоне испарителя нет, КТТ не осуществляет передачу тепловой энергии и температурный режим целевой аппаратуры на нижнем уровне поддерживается при помощи электрообогревателя, установленного на посадочном месте прибора «ДОКА-Б».

По принципу работы КТТ является двухфазным контуром (ДФК).

В состав КТТ входят:

- целевой капиллярный испаритель (1 шт.);
- гидрораккумулятор (1 шт.);

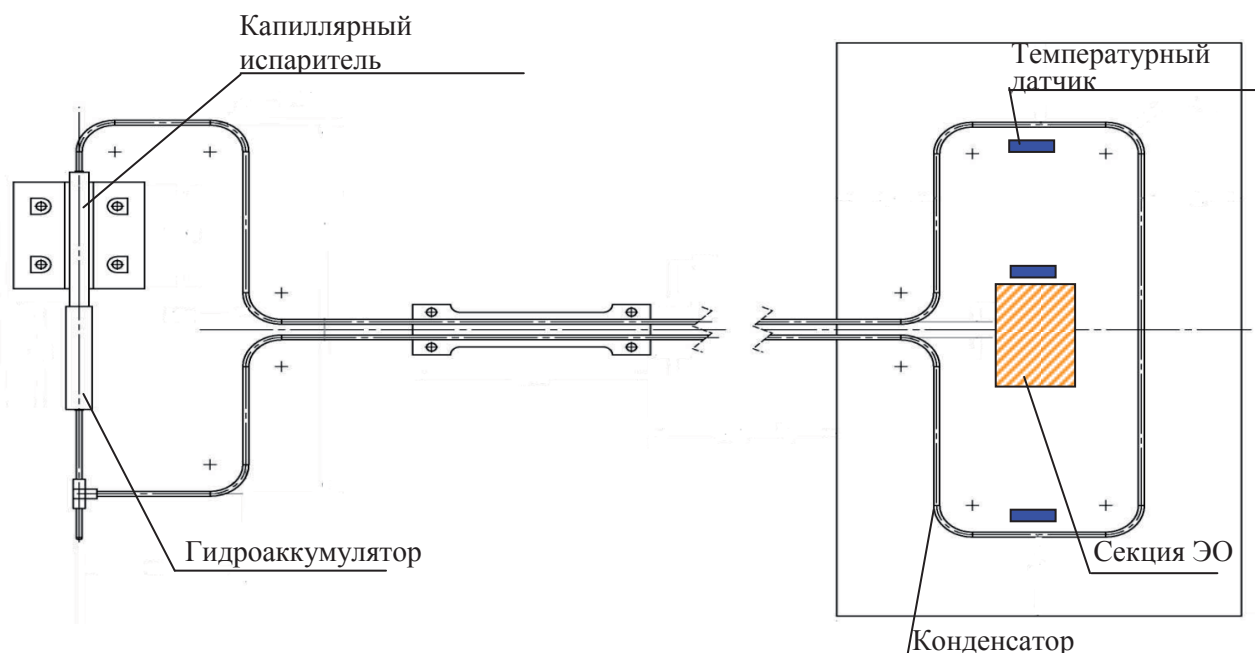


Рис. 1. Принципиальная схема контурной тепловой трубки, применяемой на МКА «Юбилейный-2»

- конденсатор (излучающий радиатор) (1 шт.);
- обогреватель конденсатора (1 шт.);
- температурные датчики (3 шт.)

Щелевой капиллярный испаритель является основным элементом двухфазных контуров с капиллярной прокачкой теплоносителя, в которые, кроме того, входят коллекторные конденсаторы, сопряженные с радиационными панелями, и соединительные трубопроводы (паровой и жидкостный).

Капиллярный испаритель предназначен для охлаждения источника тепловой нагрузки и создания циркуляции охлаждающего двухфазного теплоносителя в контурной тепловой трубе.

При подводе тепла к корпусу капиллярного испарителя происходит испарение на внешней поверхности высокопористого фитиля, при этом создается капиллярный напор, обеспечивающий циркуляцию парожидкостного потока. Высокопористая структура поддерживает капиллярный напор до $0,4 \text{ кгс/см}^2$.

Миниатюрная контурная труба имеет меньший диаметр паропровода (2,5 мм) и масса (450 г) по сравнению с обычной тепловой трубой (диаметр паропровода 14 мм, масса 850 г), при этом способна передать намного большую тепловую нагрузку (более 60 Вт по сравнению с 15 Вт для газорегулируемой тепловой трубы).

В части регулирования температуры контурная труба имеет саморегулирование. При снижении тепловой нагрузки происходит заполнение жидкости трубопровода конденсатора и термическое сопротивление контура возрастает, предотвращая ощутимое снижение температуры посадочного места тепловыделяющего оборудования. При повышенной тепловой нагрузке конденсатор открывается и температуры зоны испарения и конденсации сближаются, обеспечивая эффективную теплопередачу контурной трубы.

Таким образом, контурные трубы способны стать мощным средством отвода тепла на будущих аппаратах. Их разновидность – миниатюрные контурные тепловые трубы (МКТТ) способны заменить обычные и газорегулируемые тепловые трубы, значительно повысив при этом возможности по отводимой мощности и понизив массу самого устройства (рис. 2).

В ДФК капиллярный испаритель изготавливается в непосредственном соединении корпуса с тепловым гидроаккумулятором или компенсационной камерой. Тот, в свою очередь, предназначен для размещения переменного объема теплоносителя в условиях изменения длины зоны конденсации в радиаторе ДФК на режимах минимальной / максимальной тепловой нагрузки.

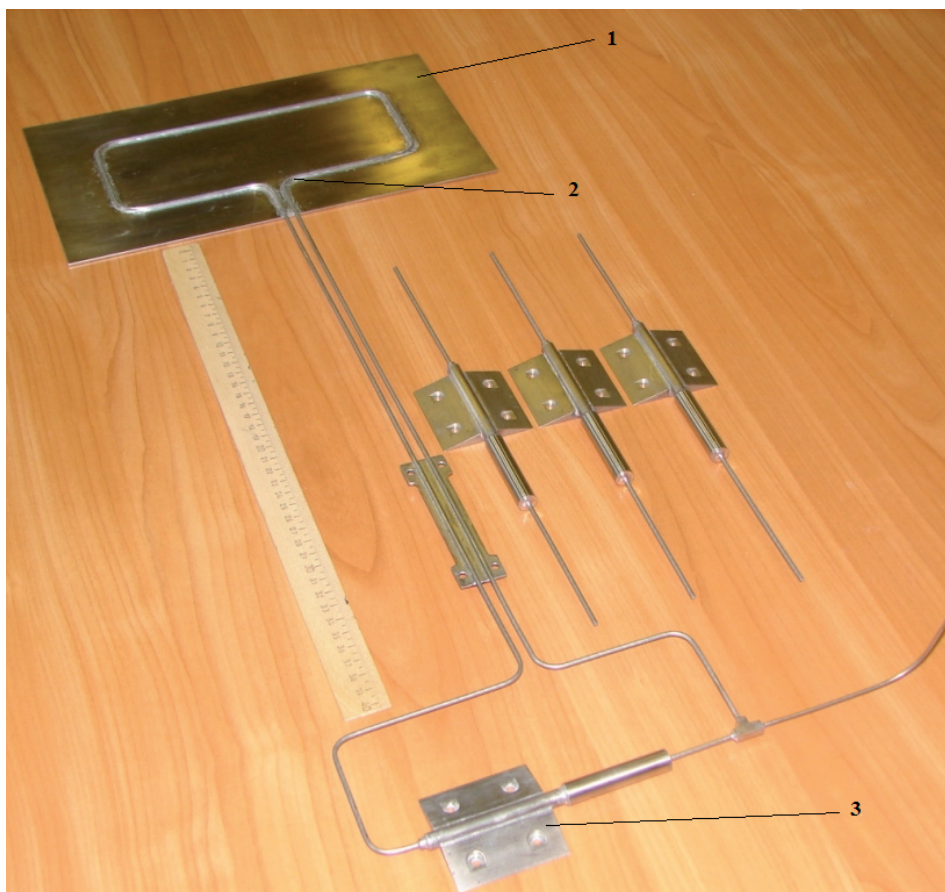


Рис. 2. Вид MKTT: 1 – конденсатор; 2 – радиатор; 3 – испаритель

Почти весь его объем заполняет высокопористый ячеистый материал (ВПЯМ) пористостью около 95 % и размером пор 300 мкм, который хранит в себе запас жидкости и подпитывает высокопористый фитиль.

Высокопористая структура обеспечивает работоспособность гидроаккумулятора в условиях невесомости и за счет силы смачивания обеспечивает подвод жидкости к высокопористому фитилю испарителя.

Радиатор обеспечивает отвод тепла в космическое пространство, посредством излучения с радиационной поверхности. Оптическое покрытие поверхности обеспечивает высокий коэффициент черноты (теплового излучения) и низкий коэффициент поглощения солнечного светового потока.

На внутреннюю поверхность установлен пленочный каптоновый нагреватель производ-

ства фирмы Minco. Нагреватель при рабочей температуре до 70 °С позволяет подавать нагрузку до 35 Вт. После проверки на герметичность и установки на МКА КТТ была заправлена аммиаком.

Проведенный тепловой анализ КА, выполненный с помощью тепловой модели «Thermica», показал, что температура посадочного места основного прибора КА – ДОКА-Б и остальной бортовой аппаратуры находится в заданном диапазоне температур при использовании данной СТР.

Библиографические ссылки

1. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / В. С. Авдеевский, Б. М. Галицейский, Г. А. Глебов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1975. – 624 с.