

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НАЗЕМНАЯ ОТРАБОТКА И ПРОВЕРКА ПАРАМЕТРОВ ДВУХФАЗНОЙ КОНТУРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ.

**Крехов А.А., Петров А.В.,
научный руководитель канд. техн. наук Дектерев. А.А.
Сибирский федеральный университет**

1. Назначение

Контурная тепловая труба (КТТ) является прототипом КТТ для КА и предназначена для отработки теплофизических параметров КТТ при окружающих условиях и в термовакууме.

КТТ имеет два контура с миниатюрными капиллярными испарителями и общей радиационной панелью.

2. Состав и краткое описание

В состав КТТ входит:

1) два миниатюрных капиллярных испарителя (МКИ) МКИ-Ю2.. Расчетная масса МКИ составляет 0,08 кг. Чистота обработки посадочной поверхности не хуже Ra2,5, неплоскостность не более 0,05 мм.

2) на каждый МКИ устанавливается датчик температуры ТМ293-05.

3) два трубопровода из стальной трубки 2,5x0,25, имеющие участки: паровой, конденсации, жидкостной. Участок конденсации припаивается к пластине излучающего радиатора, предварительно подготовленной.

4) рекуперативный теплообменник, представляющий собой пластину из алюминиевого сплава толщиной 2,0 мм, к которой на расстоянии 12 мм друг от друга припаиваются паровая и жидкостная линии на длине 100 мм. Рекуператор должен иметь не менее 2-х точек крепления.

5) излучающий радиатор: представляет собой пластину 400x900x1 из алюминиевого сплава с двумя конденсаторами, припаянными с одной стороны пластины один возле другого. Поверхность пластины должна иметь анодное оксидирование с коэффициентом черноты не менее 0,8. Схема прокладки конденсатора представлена на рисунке 1.

6) два имитатора тепловой нагрузки, каждый из которых представляет собой пластину из алюминия 60x160x10 мм с наклеенным на неё снизу силиконовым нагревателем; размеры нагревателя 35x148x1 мм, сопротивление R=24,9 Ом.

Все монтажные соединения трубопроводов, тройника, заправочного штуцера КТТ осуществляются посредством пайки припоем. Заправочный штуцер герметизируется по технологии герметизации ТТ после отработки, подтверждающей выбранную дозу заправки.

На радиатор КТТ и нагреватели устанавливается 9 датчиков температуры; на МКИ и трубопроводы устанавливается 8 датчиков ТМ293-05 в соответствии со схемой рисунок 1. Для установки датчиков температуры ТМ293-05 на трубопроводах должны быть предусмотрены площадки 6x10 мм. Допускается установка датчиков ТМ293-05 с использованием двустороннего липкого каптона.

Общая схема КТТ в сборе с нагревателями представлена на рисунке 1. Из рисунка видно, что должна обеспечиваться возможность установки МКИ двумя способами:

- каждый МКИ на своей пластине с нагревателем и всё располагается на общей раме.

- оба МКИ на общей пластине с нагревателем.

КТТ и нагреватели крепятся на раме.

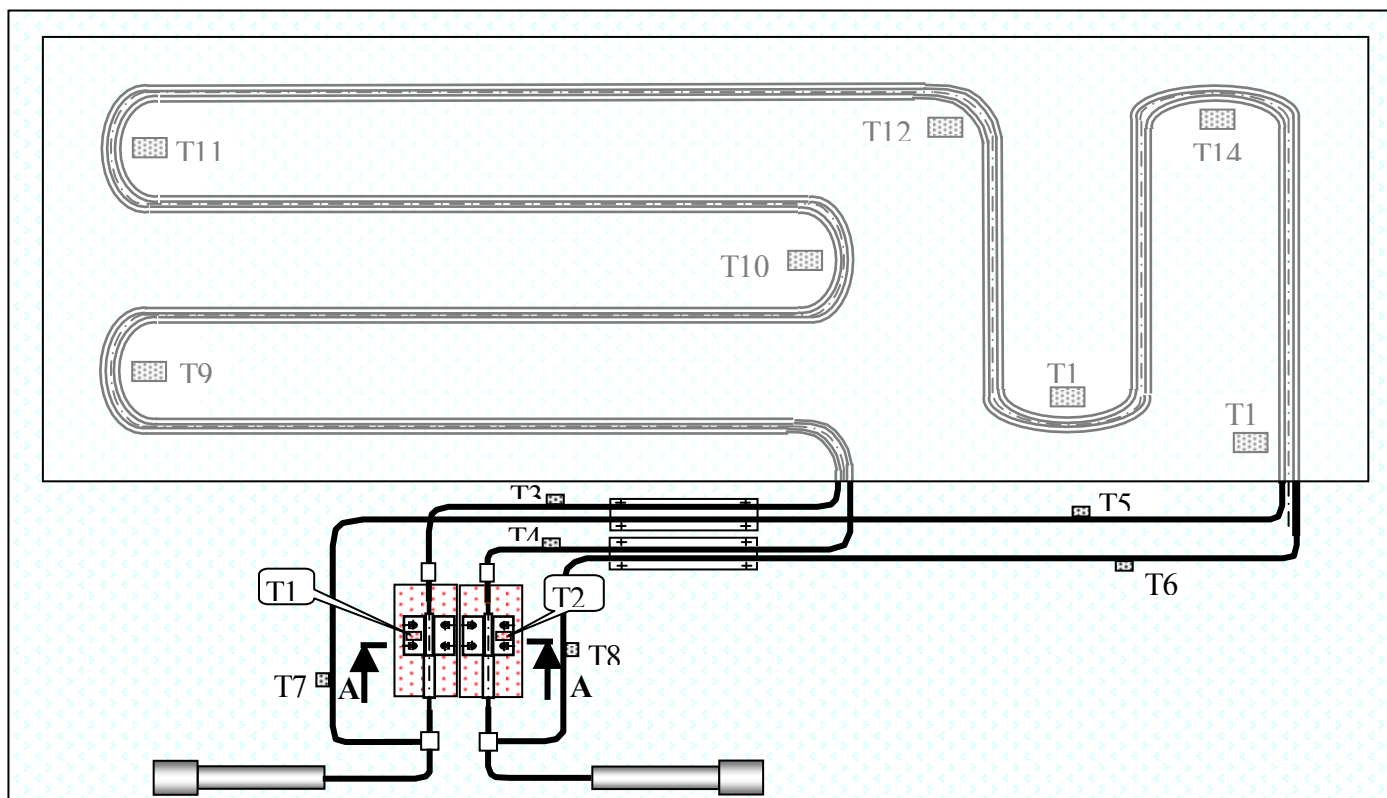


Рисунок 1 – Схема КТТ в сборе

3. Расчет дозы заправки

Данные по объему составных частей ДФК представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Составная часть ДФК	Величина
1) Паровой тракт	$V_{\text{П}}$
2) Жидкостный тракт	$V_{\text{Ж}}$
3) Конденсатор	$V_{\text{К}}$
4) Капиллярный насос:	
4.1) капиллярный испаритель (67,4%)	$V_{\text{КИ}}$
4.2) гидроаккумулятор:	-
а) ВПЯМ (94%)	$V_{\text{ВПЯМ}}$
б) свободный объем	$V_{\text{СВ}}$
5) заправочный патрубок и вентиль до клапана	$V_{\text{ЗАПР}}$
Итого:	$16,1 \text{ см}^3$

Максимальный объем заправки жидкости рассчитаем исходя из того, что жидкость на режимах повышенной мощности заполняет весь объем гидроаккумулятора и 30% конденсатора (масса жидкости в паровом тракте пренебрегаем):

$$V_{\text{MAX}} = V_{\text{Ж}} + V_{\text{КИ}} + V_{\text{ВПЯМ}} + V_{\text{СВ}} + 0,2 \cdot V_{\text{К}} + V_{\text{ЗАПР}} = 16,1 \text{ см}^3.$$

Минимальный объем заправки жидкости рассчитаем исходя из того, что жидкость на режимах запуска заполняет на 5% ВПЯМ и полностью весь остальной контур:

$$V_{\text{MIN}} = V_{\text{П}} + V_{\text{Ж}} + V_{\text{КИ}} + 0,05 \cdot V_{\text{ВПЯМ}} + V_{\text{К}} + V_{\text{ЗАПР}} = 10,2 \text{ см}^3.$$

Массу жидкости рассчитаем исходя из плотности при рабочей температуре 0°C:
 $M_{\text{MAX}} = \rho_0 \cdot V_{\text{MAX}} = 10,2 \text{ гр.}$ (массой пара можно пренебречь).

Таким образом, расчетная доза заправки находится в пределах 10,20 ÷ 10,50 гр.

4. Испытания базовых элементов в составе двухфазного контура

Испытания базовых элементов проводились в составе двухфазного контура **783.0103-0** изготовления ОАО “ИСС”.

Испытания проводились в ноябре- декабре 2011 г. силами отделов 360, 320.

Масса заправки **783.0103-0** составляла 10,5 гр.

При испытаниях масса пластины с нагревателем из алюминиевого сплава, на которую устанавливался испаритель, составляла примерно 90 гр. при толщине 5 мм. Насос устанавливался с использованием прокладки из терморасширенного графита толщиной 0,3 мм.

Выводы

Отработка показала следующие особенности работы ДФК:

1) С повышением подводимой мощности, термическое сопротивление падает. Это соответствует теории устройства контурной тепловой трубы и подтверждает возможность ее саморегулирования.

2) Рекуперативный теплообмен между линиями конденсатора в начале и конце радиатора обеспечивает поддержание рабочей температуры в узких пределах при изменении подводимой нагрузки. Минимальная рабочая температура может быть точно настроена путем подбора длины рекуперативного участка. Избыточная эффективность рекуперативного теплообмена нежелательна.

3) Доза заправки является величиной, определяющей работоспособность ДФК. Доза заправки прямо связана с минимальной рабочей температурой.

4) На поведение ДФК коренным образом влияет теплоемкость источника тепла. Если масса его велика, запуск происходит очень интенсивно, работа сопровождается небольшими колебательными процессами, не влияющими заметно на точность термостатирования. Однако, понижение тепловой нагрузки приводит к остановке работы ДФК. При последующем повышении нагрузки контур вновь запускается, но имеется опасность замораживания радиатора ДФК при длительной работе источника тепла в дежурном режиме на теневых участках орбиты. Таким образом, требуется предусмотреть нагреватель на радиаторе ДФК.

5) Для базового элемента “конденсатор, излучательный радиатор” подтверждена высокая эффективность отвода тепла при конденсации. Показано также, что коэффициент эффективности радиатора возрастает с ростом тепловой нагрузки.

6) Для базового элемента “тепловой гидроаккумулятор” подтвержден эффективный механизм его охлаждения/нагрева и определяющее влияние гидроаккумулятора на работу всего ДФК.

Список сокращений

МКИ – миниатюрный капиллярный испаритель;

ДФК – двухфазный контур;

КТТ – контурная тепловая труба;

ТТ – тепловая труба;

КА – космический аппарат.