

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РЭА

©2009 В. В. Бирюк¹, А. И. Китаев²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет

²Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс»

Приведены анализ и результаты экспериментальных исследований по разработке и изготовлению профилированных тепловых труб для охлаждения радиоэлектронной аппаратуры ракетных двигателей и разгонных блоков.

Тепловая труба, профиль тепловой трубы, термостатирование РЭА, теплопроизводительность

Охлаждение радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) ракетных двигателей и разгонных блоков является одной из актуальных задач. Стремление снизить тепловые потери при передаче тепла от более горячего источника к более холодному, борьба за снижение массы теплопередающих устройств, устанавливаемых на ракетных двигателях и разгонных блоках невозможна без применения тепловых труб. Применение медных тепловых шин и медных теплопроводных стержней, имеющих термическое сопротивление от 2 до 15 К/Вт при теплопередаче на 1 м длины, в настоящее время непозволительная роскошь для космических аппаратов, разгонных блоков и ракет.

Применение тепловых труб на предприятии ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» проходило с переменным успехом. Первый опыт предприятие получило в 1970-74 годах, когда совместно с Куйбышевским политехническим институтом, ныне СамГТУ, была создана первая экспериментальная установка. Она представляла собой разветвленную пористую поверхность, с одной стороны к которой подводилась тепловая нагрузка, с другой тепловая нагрузка излучалась в космическое пространство. Это был своеобразный прообраз каскада тепловых труб в одной конструкции. Толщина спеченной пористой структуры составляла около 80 мм, ширина каждого из 6 параллельных каналов 150 мм. Экспериментальная установка была создана, прошла наземные испытания и готовилась к запуску в 1975 г. Её удельный вес составлял около 15 кг/м². Теплопроизводительность около 100 Вт/м². Высокий удельный вес конструкции и отсутствие ближай-

шей перспективной задачи для данной конструкции привело к тому, что установка не была запущена, работы по разработке тепловых труб приостановлены, приостановлено было и финансирование работ. В результате чего более 20 лет предприятие не занималось этим направлением, велись традиционные серийные разработки с использованием газожидкостных систем обеспечения теплового режима.

Однако с 1995 года в связи с наметившейся тенденцией отхода в конструкции КА от герметичных отсеков и борьбой за снижение массы КА и ракетных двигателей вопрос о применении тепловых труб стал подниматься вновь. Работы по разработке собственных тепловых труб начали вести с Самарским государственным университетом (СамГУ).

Дальнейшие этапы создания тепловых труб на предприятии «ЦСКБ-Прогресс» представлены ниже:

1975г. – первая экспериментальная ТТ;

1986г. – исследование ТТ разработки

РКК «Энергия»;

1995г. – исследование ТТ с прямоугольными канавками;

1995г. – исследование медных ТТ с пористой структурой;

2000г. – собственная разработка ТТ с сетчатой структурой;

1998-2003гг. – исследование сотопанелей с ТТ НПП «ТАИС»;

2004г. – работа с НТТУ «КПИ» (г. Кив) и ИЦ им. Келдыша;

2006г. – запуск КА «Ресурс-ДК» с ТТ сетчатой структуры (4шт.).

Было создано несколько аксиальных тепловых труб с прямоугольными канавками (профили были получены в РКК «Энергия») и несколько медных тепловых труб с пористой структурой из спечённого порошка (Минский институт порошковой металлургии).

Проводимые исследования показывали достаточную эффективность тепловых труб, но одновременно с этим отразили сложность технологии изготовления этих устройств, особенности наземной эксплуатации и необходимости учёта отличий процессов кипения теплоносителя внутри тепловых труб в условиях невесомости относительно наземных испытаний.

При выборе оптимального профиля для тепловых труб было произведено сравнительный анализ различных изготовителей тепловых труб.

Сравнительные характеристики тепловых труб различных производителей представлены на рис. 1 - 4:

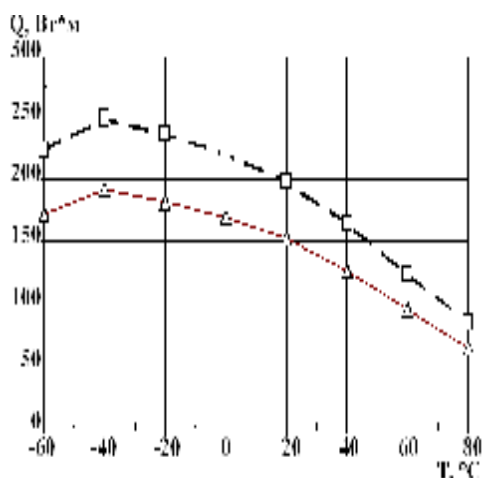


Рис.1. НТУУ «КПИ» (Украина)

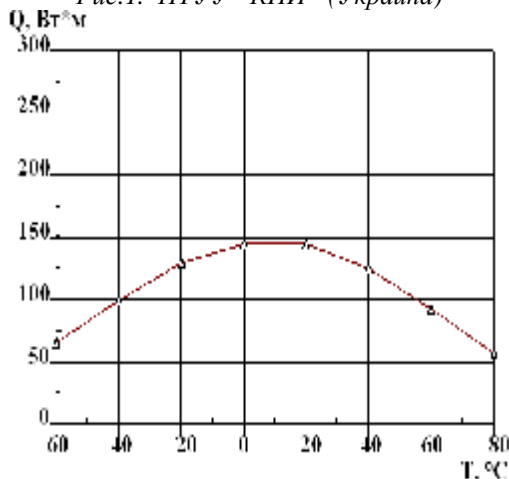


Рис.2. Aerospatiale (Франция)

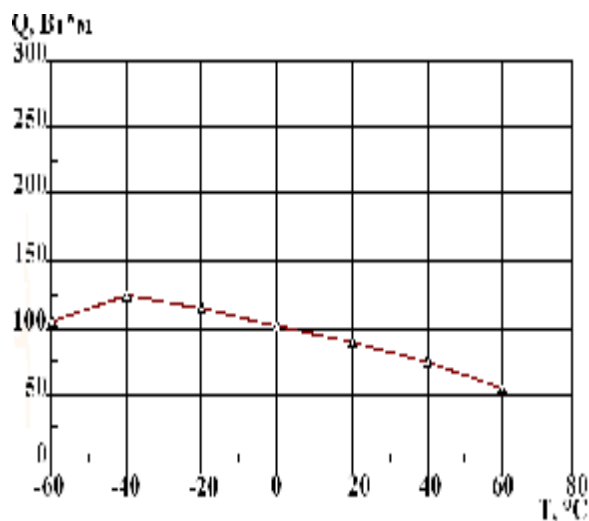


Рис.3. НПО ПМ, ВИЛС (Россия)

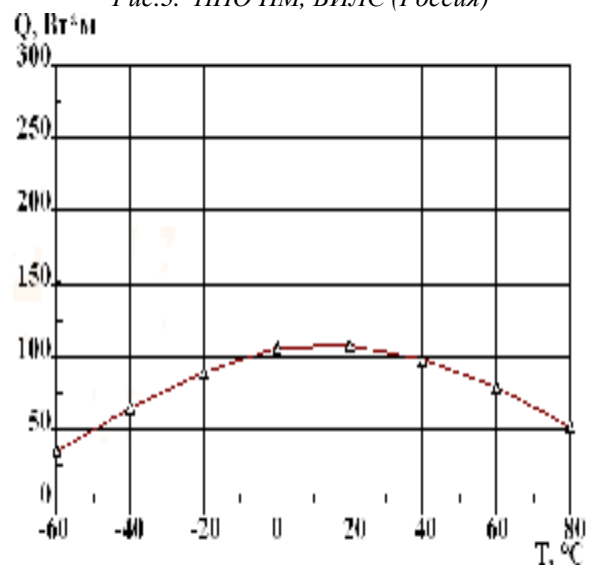


Рис.4. MBV-ERNO (Германия)

На основании проведенного анализа дальнейшие работы по тепловым трубам ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» проводило с профилями тепловых труб НТУУ «КПИ» (Украина). Типы применяемых профилей представлены на рис. 5, их технические характеристики на рис.6.

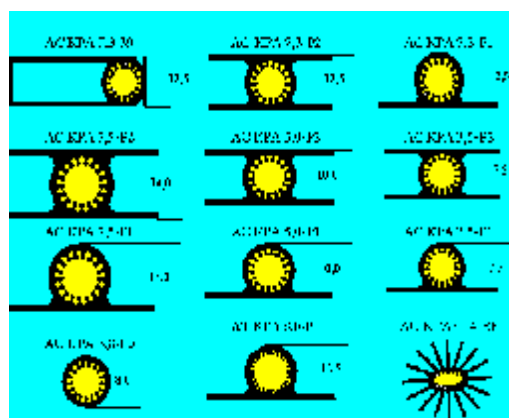


Рис.5. Типы профилей разработки НТУУ «КПИ» (Украина)

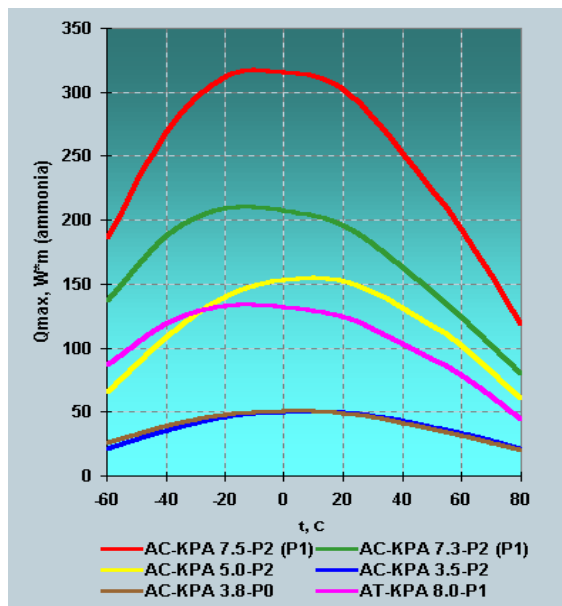


Рис. 6. Максимальная теплопроизводительность ТТ из профилей НТУУ «КПИ» (Украина)

Совместно с ФГУП ИЦ им.Келдыша и СамГУ ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» разработало и испытало собственные тепловые трубы из профиля АС-КРА7.5-Р1.

Испытаниям в лабораториях ФГУП ИЦ им.Келдыша и СамГУ подвергались ТТ различных типоразмеров и конфигураций из профилей с высотой (наружным диаметром) $H=14$ мм: АС-КРА7.5-Р1-30 и АС-КРА7.5-Р1-120. Здесь параметры 30 и 120 обозначают ширину полок ТТ.

Результаты испытаний одной из тепловых труб представлены на графиках (рис.7).

Говоря о тепловых трубах нельзя не сказать о контурных тепловых трубах, которые иногда называют антигравитационными тепловыми трубами. Дело в том, что они не изменяют свои характеристики при изменении разности высот между зоной испарения и зоной конденсации. В настоящее время «пионерами» во внедрении этого направления являются НПП «ТАИС» (г.Москва) и институт теплофизики УО АН (г.Екатеринбург).

В качестве альтернативного варианта для КА «Ресурс-ДК» ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» совместно с НПП «ТАИС» с 1998 по 2003 г. велись работы по разработке со-топанели со встроенными тепловыми трубами и контурной тепловой трубой. При этом обеспечение теплового режима приборов, размещенных на термоплате, обеспечи-

валось за счет отвода тепловой нагрузки посредством контурной тепловой трубы (КТТ) с регулятором давления. НПП «ТАИС» поставило термоплату и контурную тепловую трубу с заданными ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» характеристиками. Испытания проводились на экспериментальной базе «ЦСКБ-Прогресс». Результаты испытаний докладывались в сентябре 2008г. на международной конференции по тепловым трубам в г. Минске (1).

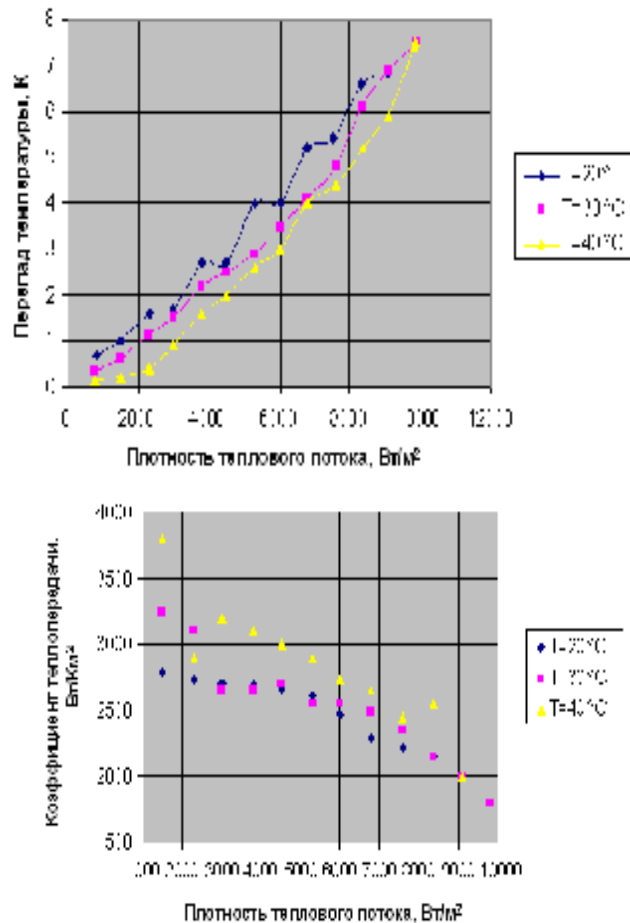


Рис.7. Характеристики ТТ из профиля АС-КРА7.5-Р1-30 длиной 1840мм и радиусомгиба 1000мм

Общий вид миниатюрных контурных тепловых труб представлен на рис. 8.

Активное внедрение тепловых труб и контурных тепловых труб в разработке космических аппаратов как в России, так и Европе и США говорит об их достаточной технологической отработке и эффективности и необходимости их внедрения в конструкцию ракет и разгонных блоков.



Рис. 8. Миниатюрная контурная тепловая труба
Термическое сопротивление: 0,02-0,1 К/Вт

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Применение ТТ для термостатирования РЭА, имеющих термическое сопротивление от 0.01 до 0.1 К/Вт - значительный шаг по сравнению с медными тепловыми шинами и медными проводящими стержнями.

2. Технология изготовления ТТ в настоящее время отработана и позволяет их широкое внедрение в аэрокосмической сфере, а также в народном хозяйстве.

3. Опыт эксплуатации КА «Ресурс - ДК» и других КА, созданных в России, подтверждает работоспособность и конкурентоспособность отечественных тепловых труб.

Библиографический список

1. Китаев, А.Н. Результаты наземных испытаний профилированной тепловой трубы, используемой для поддержания тепловых условий оборудования/ А.И. Китаев, В.Н. Царьков, Е.С. Гаврилова//Тепловые трубы, тепловые насосы, рефрижераторы, энергетические источники: программа 7-й Междунар. конф. Минск, Беларусь, 2008.- С.157-160

References

1. Kitaev A.I., Tsarkov V.N., Gavrilova E.S. Ground testing results of loop heat pipe used to maintain thermal conditions of equipment //Proc. of 7th Minsk Int. Seminar "Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources", Minsk, Belarus, 2008, pp157-160.

HEAT-PIPES' APPLICATION FOR COOLING OF COMMUNICATIONS-ELECTRONICS EQUIPMENT

©2009 V. V. Biryuk¹, A. I. Kitaev²

¹Samara State Aerospace University

²State Scientific Production Space-Rocket Centre "TsKB Progress"

In this paper it is shown analysis and results of experimental research of design and making shaped heat-pipes in order to cool communications-electronics equipment of rockets' engines.

Heat-pipe, shape of heat-pipe, cooling of communications-electronics equipment, thermal output

Информация об авторах

Бирюк Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры Тепло-техники и тепловых двигателей Самарского государственного аэрокосмического университета. Тел. (846) 335-18-12. E-mail: Teplotex_ssau@bk.ru. Область научных интересов: тепло-массообмен, термодинамика.

Китаев Александр Ирикович, начальник отдела Государственного научно-производственного ракетно-космического центра «ЦСКБ-Прогресс». Тел. (846) 270-56-12. Область научных интересов: тепло-массообмен, термодинамика, тепловые трубы.

Biruk Vladimir Vasiljevich, doctor of engineering science, professor of the department of thermotechnics and heat engines of Samara State Aerospace University. Phone: (846) 335-18-12. E-mail: Teplotex_ssau@bk.ru. Area of research: thermodynamics, diffusion and heat-mass exchange processes.

Kitaev Aleksandr Irikovich, group director of «Progress» Design Bureau. Phone: (846) 270-56-12. Area of research: thermodynamics, diffusion and heat-mass exchange processes.