

УДК 681.382

*Исмаилов Т.А., Евдулов Д.В., Евдулов О.В.*

## СИСТЕМЫ ОТВОДА ТЕПЛОТЫ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА НА БАЗЕ ПЛАВЯЩИХСЯ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*Ismailov T.A., Evdulov D.V., Evdulov O.V.*

## SYSTEM EXHAUST HEAT FROM ELEMENTS OF CEA ON THE BASIS OF PRAVAVIS THERMAL BATTERIES

*Рассмотрены конструкции систем отвода теплоты от элементов РЭА, работающих в режиме повторно-кратковременных тепловыделений. Описаны их области применения, а также преимущества перед существующими аналогами, заключающиеся в более надежной работе и снижении ограничений по паузе в работе радиоэлектронного прибора.*

*Ключевые слова: температурный режим, система отвода теплоты, тепловой аккумулятор, теплообмен, плавление, затвердевание.*

*Considered design systems exhaust heat from the elements REA mode intermittent heat. Describes their applications and advantages over existing analogs of being more reliable performance and lower limits on the pause in the work of the electronic device.*

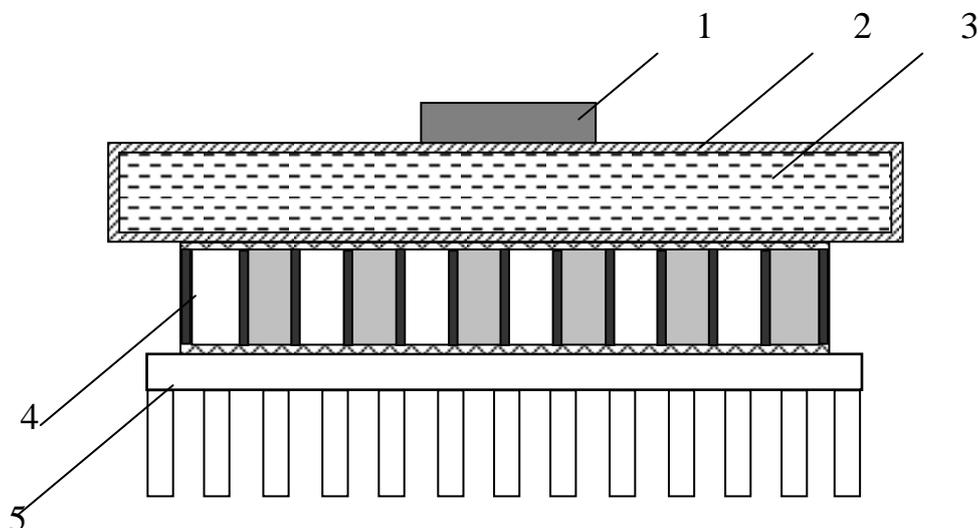
*Key words: temperature, exhaust system heat, heat storage, heat transfer, melting, solidification.*

Для поглощения теплоты, выделяющейся при повторно-кратковременных включениях радиоэлектронной аппаратуры, в настоящее время все большее распространение получает метод, основанный на использовании обратимых процессов, которые сопровождаются значительными эндотермическими эффектами при фазовых или химических превращениях рабочих веществ – тепловых аккумуляторов. Для этих целей применяются процессы испарения, плавления, сублимации, а также химические реакции, протекающие с поглощением теплоты [1]. Однако почти все эти процессы для рассматриваемых режимов работы радиоэлектронных приборов обладают существенными недостатками, делающими их непригодными в устройствах отвода теплоты от циклически работающей аппаратуры. К их недостаткам относятся сложность конструкции и эксплуатации, большая масса и габариты теплообменных устройств. Так, например, испарительная система охлаждения с замкнутым контуром требует создания испарителей, конденсаторов для обеспечения циркуляции теплоносителя или, при необратимом процессе испарения, больших запасов рабочего вещества. Аналогичные трудности возникают при создании теплообменных устройств с примени-

ем обратимых процессов сублимации, а также обратимых химических реакций. При этом, чем меньше величина рассеиваемой мощности, тем большую долю по массе и объему занимает система теплоотвода.

Одним из эффективных средств отвода тепла является применение в устройствах для охлаждения и термостабилизации РЭА плавящихся тепловых аккумуляторов, обладающих относительно большой теплотой фазовых превращений и позволяющих многократно их использовать при воздействии «пиковых» тепловых нагрузок [2, 3]. К наиболее распространенному типу таких конструкций относятся конструкции, у которых охлаждаемые электрорадиоэлементы располагаются вне объема с рабочим плавящимся веществом на плоской поверхности разделяющей герметичной оболочки и имеют с ней хороший тепловой контакт [4]. При этом как наружная, так и внутренняя поверхности герметичной оболочки могут иметь ребрение для интенсификации теплообмена соответственно с рабочим веществом и окружающей средой. При эксплуатации РЭА основная часть рассеиваемого ею тепла поглощается за счет скрытой теплоты плавления рабочего агента. После окончания работы аппаратуры происходит остывание аккумулятора и его затвердевание вследствие теплообмена с окружающей средой. Непременным условием нормального функционирования указанной конструкции является превалирование длительности перерыва между включениями аппаратуры над временем работы РЭА в «пиковом» режиме.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет» разработан ряд систем, позволяющих использовать принцип отвода теплоты с плавящимися тепловыми аккумуляторами при незначительных промежутках времени в перерывах работы циклически работающей аппаратуры.



**Рисунок 1** - Система отвода теплоты от элементов РЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями

Конструкция первого конструктивного варианта показана на рис.1.

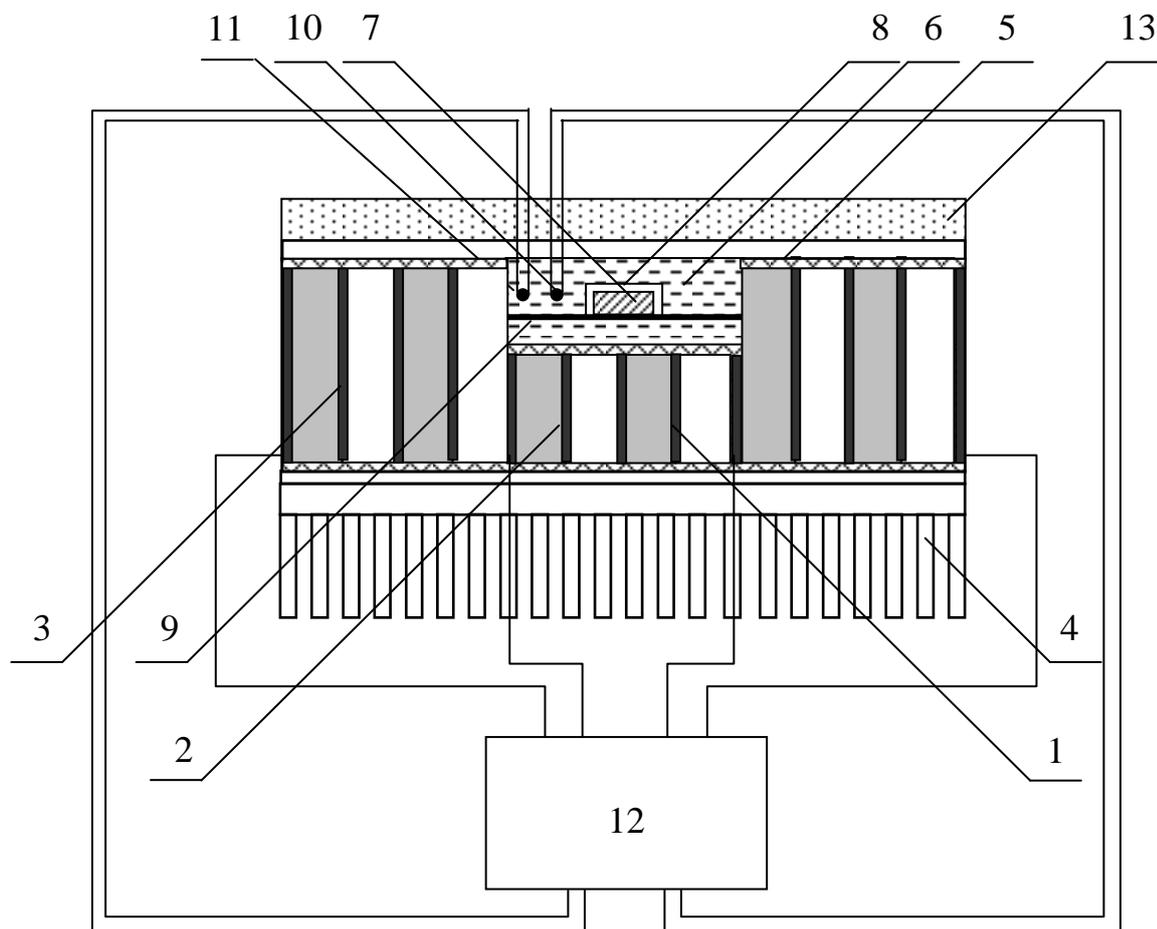
Устройство состоит из тонкостенной металлической емкости 2, заполненной рабочим веществом 3, на которую устанавливаются с обеспечением хорошего теплового контакта тепловыделяющие элементы РЭА 1. К противоположной стороне металлической емкости припаяна своим холодным спаем термоэлектрическая батарея (ТЭБ) 4, снабженная для съема тепла с горячего спаи воздушным радиатором.

Остывание и затвердевание рабочего вещества при таком конструктивном исполнении в «паузе» работы РЭА осуществляется за счет отвода тепла ТЭБ. Уменьшение времени затвердевания рабочего вещества достигается путем увеличения интенсивности теплоотвода.

Важной особенностью предложенного устройства является возможность применения его в случаях меняющегося значения длительности «паузы» в работе РЭА. В этом случае изменения скорости затвердевания рабочего вещества можно добиться изменением величины тока, питающего ТЭБ. При этом имеет смысл рассчитывать батарею не на предельную, наиболее «тяжелую» скорость охлаждения, а на какую-то среднюю, при которой среднее потребление мощности по времени работы при различных температурах будет минимальным. Пиковая, наиболее тяжелая нагрузка может компенсироваться увеличением тока и переходом к режиму максимальной холодопроизводительности.

При этом в качестве тепловых аккумуляторов могут быть использованы некоторые кристаллогидраты, парафин, воск, лауриновая, пальмитиновая, элаидиновая кислоты и др., обладающие высокими эксплуатационными и технологическими характеристиками.

Для увеличения интенсивности охлаждения элемента РЭА разработана конструкция, приведенная на рис.2. Прибор содержит ТЭБ 1, состоящую из расположенных в середине низких ветвей 2 и расположенных по краям высоких ветвей 3, тепловыделяющие спаи которых расположены на одном уровне и примыкают к теплообменнику 4, а теплопоглощающие спаи расположены на двух уровнях. В середине ТЭБ 1 образовано углубление, в которое помещена тонкостенная металлическая емкость 5, заполненная рабочим веществом 6, температура плавления которого совпадает с температурой термостабилизации элемента РЭА 7. Элемент РЭА 7 помещен в камеру 8, размещенную на подставке 9 в тонкостенной металлической емкости 5, и находящуюся в непосредственном тепловом контакте с рабочим веществом 6. В объеме тонкостенной металлической емкости 5 с рабочим веществом 6 размещены два датчика температуры 10 и 11. Они электрически связаны с входом устройства управления 12, выход которого электрически связан с ТЭБ 1. Электрическая связь устройства управления 12 с ТЭБ 1 осуществляется таким образом, чтобы имелась возможность последовательного подключения или отключения ее низких 2 и высоких ветвей 3. Для снижения до минимума влияния колебаний температуры окружающей среды применяется теплоизоляция 13.

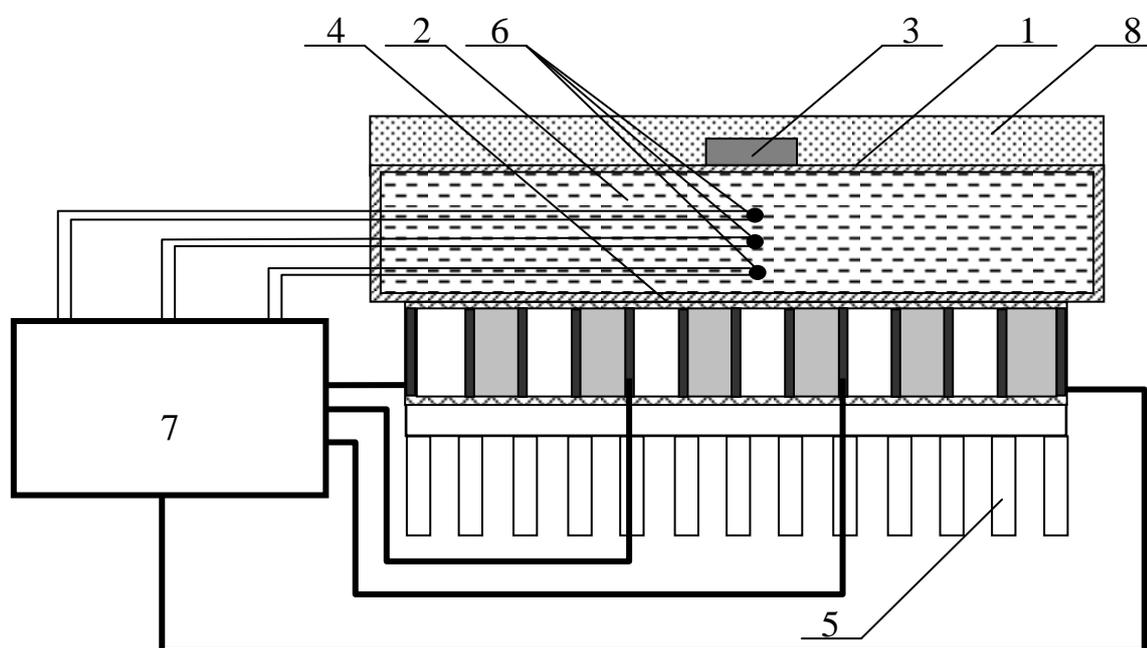


**Рисунок 2 - Система отвода теплоты от элементов РЭА, выполненная на базе ТЭБ с разной высотой ветвей**

Тепло, поступающее от элемента РЭА 7, находящегося в камере 8, размещенной на подставке 9 передается через поверхность соприкосновения рабочему веществу 6. Происходит прогрев рабочего вещества 6 до температуры плавления и процесс плавления, связанный с появлением жидкой фазы рабочего вещества 6 и ее перемещением в направлении от поверхности камеры 8 к стенкам тонкостенной металлической емкости 5. При плавлении рабочего вещества 6 температура тонкостенной металлической емкости 5 и соответственно температура элемента РЭА 7 будет поддерживаться при постоянном значении, равном температуре плавления рабочего вещества 6.

До тех пор, пока жидкая фаза расплавленного рабочего вещества 6 не переместится до места расположения первого датчика температуры 10, ТЭБ 1 не питается электрической энергией и не отводит тепло. При проплавлении рабочего вещества 6 до места расположения первого датчика температуры 10, с последнего передается электрический сигнал на устройство управления 12, которое начинает осуществлять питание электрической энергией части ТЭБ 1, состоящей из низких ветвей 2. Часть ТЭБ 1, состоящая из низких вет-

вей, начинает интенсивно отводить тепло от тонкостенной металлической емкости 5 с рабочим веществом 6. При дальнейшем увеличении мощности рассеяния тепла элементом РЭА 7 и соответственно при достижении жидкой фазы расплавленного рабочего вещества 6 второго датчика температуры 11, в соответствии с поступившим с него электрическим сигналом устройство управления 12 подключает к питанию электрической энергией дополнительно к низким ветвям 2 высокие ветви 3 ТЭБ 1. При этом отвод тепла от тонкостенной металлической емкости 5 с рабочим веществом 6 будет осуществляться уже всей ТЭБ 1. При уменьшении уровня тепловыделений элемента РЭА 7 за счет отвода тепла ТЭБ 1 жидкая фаза рабочего вещества 6 будет перемещаться в обратном направлении (от стенки тонкостенной металлической емкости 5 и камере 8). При этом устройство управления 12 в зависимости от электрических сигналов с датчиков температуры 10 и 11, до которых переместилась твердая фаза рабочего вещества 2, будет последовательно отключать соответственно высокие ветви 3 и низкие ветви 2 ТЭБ 1. Последовательное подключение и отключение низких ветвей 2 и высоких ветвей 3 ТЭБ 1 к процессу теплоотвода от тонкостенной металлической емкости 5 с рабочим веществом 6 при изменении уровня тепловыделений элемента РЭА 7 будет способствовать повышению экономичности устройства.



**Рисунок 3** - Система отвода теплоты от элементов РЭА, выполненная на базе ТЭБ с ее разбиением на секции ТЭ

На рис.3 изображена система, реализующая схожий с описанным выше принципом отвод теплоты от элементов РЭА. В ней ТЭБ 4, приводимая в тепловой контакт с емкостью с рабочим веществом, состоит из нескольких последовательно соединенных секций термоэлементов (ТЭ). В объеме емкости с рабочим веществом размещены датчики температуры 6, число которых

равно числу секций ТЭ в ТЭБ 4. Датчики температуры электрически связаны с входом устройства управления 7, выход которого электрически связан с ТЭБ 4. Электрическая связь устройства управления 7 с ТЭБ 4 осуществляется таким образом, чтобы имела возможность последовательного подключения или отключения каждой из секции ТЭ.

До тех пор, пока жидкая фаза расплавленного рабочего вещества 2 не переместится до места расположения первого датчика температуры 6, ТЭБ 4 не питается электрической энергией и не отводит тепло. При проплавлении рабочего вещества 2 до места расположения первого датчика температуры 6, с последнего передается электрический сигнал на устройство управления 7, которое начинает осуществлять питание электрической энергией крайней секции ТЭ в ТЭБ 4. Часть ТЭБ 4, состоящая из ТЭ крайней секции, начинает интенсивно отводить тепло от тонкостенной металлической емкости 1. При дальнейшем увеличении мощности рассеяния тепла элементом РЭА 3 и соответственно при достижении жидкой фазы расплавленного рабочего вещества 2 второго датчика температуры 6, в соответствии с поступившим с него электрическим сигналом устройство управления 7 начинает осуществлять питание электрической энергией крайней и расположенной рядом с ней секций ТЭ. При этом отвод тепла от тонкостенной металлической емкости 1 будет осуществляться уже двумя секциями ТЭБ 4. При еще большем увеличении мощности рассеяния тепла элементом РЭА 3 посредством датчиков температуры 6 и устройства управления 7 к процессу теплоотвода будут подключаться последовательно следующие секции ТЭ.

Процесс последовательного подключения секций ТЭ и, следовательно, увеличения уровня теплоотвода от тонкостенной металлической емкости 1 будет осуществляться до тех пор, пока граница раздела жидкой и твердой фазы рабочего вещества 2 не стабилизируется на определенном уровне.

При уменьшении уровня тепловыделений элемента РЭА 3 за счет отвода тепла ТЭБ 4 жидкая фаза рабочего вещества 2 будет перемещаться в обратном направлении (в направлении размещения элемента РЭА 3). При этом устройство управления 7 в зависимости от электрических сигналов с датчиков температуры 6, до которых переместилась твердая фаза рабочего вещества 2, будет последовательно отключать секции ТЭ. Процесс отключения секций будет происходить до тех пор, пока граница раздела жидкой и твердой фазы рабочего вещества 2 не стабилизируется на определенном уровне.

**Вывод.** Рассмотренные в работе конструкции теплоотводящих систем могут быть с успехом использованы для обеспечения требуемых температурных режимов работы РЭА, работающей в режиме повторно-кратковременных тепловых нагрузок, и представляют возможность для повышения ее надежных и эксплуатационных характеристик.

### **Библиографический список:**

1. Дульнев Г.И. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Высшая школа, 1984.

2. Алексеев В.А., Чукин В.Ф., Митрошкина М.В.. Математическое моделирование тепловых режимов аппаратуры на ранних этапах ее разработки. – М.: Информатика-Машиностроение, 1998.
3. Алексеев В.А. Охлаждение радиоэлектронной аппаратуры с использованием плавящихся веществ. М.: Энергия, 1975.
4. Алексеев В.А., Чукин В.Ф., Шишанов А.В. Прогнозирование теплового режима бортовой радиоэлектронной аппаратуры // Системотехника, 2004. №2.
5. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В., Рамазанова Д.К.// Исследование процессов теплообмена в системе охлаждения элементов РЭА, выполненной на основе плавящихся тепловых аккумуляторов с дополнительным жидкостным теплоотводом // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала №33 (2) 2014, С 13-20 стр.