

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА С ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯМИ

как и для систем контроля соосности, возможно использование различных вариантов измерительных преобразователей (контактного и бесконтактного типа), а также способов организации связи измерительного и электронного блоков (проводной или беспроводной канал связи).

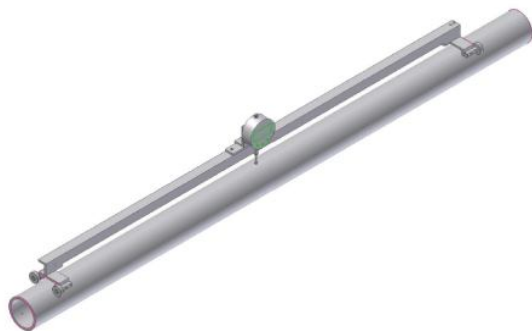


Рисунок 3 – Конструкция измерительного блока системы контроля прямолинейности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн, А.Е. Измерение отклонения от соосности сварных соединений бурильных труб/ А.Е. Гольдштейн, Е.В.Якимов //Ползуновский вестник, 2010, № 2, с. 65-69.
2. Алимов, Д. В. , Вахрушев Д. В. , Гольдштейн А. Е. , Якимов Е. В. Бесконтактная система контроля соосности с беспроводным интерфейсом/ Д.В.Алимов, Д.В.Вахрушев, А.Е. Гольдштейн, Е. В. Якимов // Ползуновский вестник. - 2011 - №. 3/1 - с. 136-139
3. ГОСТ Р 51245-99 «Трубы бурильные стальные универсальные. Общие технические условия».

Д.т.н., заведующий кафедрой ИИТ Гольдштейн А.Е., тел. (3822) 418911, e-mail: algol@tpu.ru; к.т.н., доцент Якимов Е.В., тел. +7-903-952-8901, e-mail: shishkovka@mail.ru, аспирант Вахрушев Д.В., Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

УДК 621.317.39

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА С ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯМИ

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

В работе рассмотрено описание экспериментального стенда и методики проведения натурных испытаний опытного образца системы охлаждения элементов РЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями. Приведены соответствующие результаты измерений.

Ключевые слова: экспериментальный стенд, натурные испытания, элемент РЭА, повторно-кратковременные тепловыделения, термоэлектрический модуль, плавящееся вещество

Анализ предметной области

При проектировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), предназначенной для работы в широком диапазоне температур, приходится учитывать влияние температуры на ее характеристики и параметры. Если последние выходят за пределы, допустимые для ее нормального функционирования, прибегают к тем или иным методам охлаждения и температурной стабилизации.

В настоящее время в практике проектирования РЭА используются воздушные, жидкостные, кондуктивные, испарительные, термоэлектрические и некоторые специальные методы обеспечения ее тепловых режимов [1].

Перспективным для охлаждения РЭА, работающей в режиме повторно-кратковременных тепловыделений, является метод,

основанный на использовании плавящихся рабочих веществ со стабильной температурой плавления. Устройства, реализующие указанный метод, выполняются в виде контейнера, заполненного плавящимся рабочим веществом, на который помещается элемент РЭА [2]. Во время работы основная часть тепла, рассеиваемого элементом или блоком аппаратуры, поглощается за счет скрытой теплоты плавления вещества. После окончания работы аппаратуры рабочее вещество охлаждается и затвердевает вследствие теплообмена с окружающей средой.

Главным недостатком таких систем, ограничивающим их применение для охлаждения элементов РЭА с высокими мощностями подведения рабочего вещества в состоянии фазового перехода на протяжении всего цик-

РАЗДЕЛ V. ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ла работы электронного прибора. Так как радиоэлемент во время работы выделяет значительные мощности, во многих случаях теплоаккумулирующей способности рабочего вещества оказывается недостаточно для обеспечения требуемого температурного режима на протяжении всего цикла его работы (рабочее вещество полностью расплавится к концу цикла работы радиоэлектронного элемента). В результате этого необходимый температурный режим аппаратуры нарушается, прибор выходит из строя. В связи с этим при охлаждении мощных РЭА с применением плавящихся рабочих веществ целесообразно использование дополнительной охлаждающей системы для отвода избытка тепла от рабочего агента. Исходя из соотношения энергетических и массогабаритных показателей, наиболее эффективно использовать в качестве такой дополнительной системы охлаждения термоэлектрическую батарею (ТЭБ).

Другим недостатком систем охлаждения на основе плавящихся тепловых аккумуляторов является следующее обстоятельство. Для обеспечения движения границы раздела фаз от крайнего верхнего до крайнего нижнего слоя рабочего вещества необходимо постоянное увеличение температуры верхней оболочки устройства относительно температуры плавления до температуры, обусловленной термическим сопротивлением толщины плавящегося агента. Данное обстоятельство снижает эффективность отвода тепла системы охлаждения от элемента РЭА. Целесообразным является предусмотреть необходимые конструктивные меры для уменьшения степени влияния этого эффекта на теплообмен в емкости с рабочим веществом.

Результаты измерений

В настоящей работе представлены данные по экспериментальному снятию температурных характеристик опытного образца системы охлаждения, в котором совмещены возможности термоэлектрического преобразования энергии и плавящихся рабочих веществ, устраняющие существующие недостатки теплоотводящих приборов.

Опытный образец охлаждающей системы (рисунок 1) представлял собой емкость, выполненную в виде цилиндра, боковая поверхность которого изготовлена из фторопласта, а торцы – из алюминиевых пластин. Емкость разделена в вертикальной плоскости алюминиевой перегородкой на два отсека, заполненные рабочими веществами, соответственно воском и парафином. Толщина

каждого наполнителя составляла 1,5 см. При исследовании процесса плавления на торцевую поверхность, имеющую непосредственный контакт с воском устанавливался источник тепловыделений, в качестве которого использовался плоский нагреватель, запитываемый от источника электрического тока. Мощность нагревателя регулировалась в диапазоне от 5 до 40 Вт. Для компенсации изменения объема рабочих веществ при плавлении использовались отводные трубки.

Экспериментальное исследование процесса затвердевания проводилось на макете, в котором емкость с рабочими веществами приводилась в тепловой контакт с ТЭБ, съем тепла с горячих спаев которой осуществлялся посредством жидкостного теплообменника. ТЭБ запитывалась от регулируемого источника постоянного тока. Ток, проходящий через ТЭБ, и напряжение на ней контролировались встроенными в источник питания приборами.



Рисунок 1 - Внешний вид системы для охлаждения элементов РЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями

В целях сравнительного анализа систем охлаждения с одним и несколькими наполнителями кроме опытного образца, содержащего два рабочих вещества, изготовлен макет, содержащий один наполнитель – в данном случае воск. Конструкция данного образца аналогична описанной выше. Толщина наполнителя – 3 см.

Для измерения температуры источника тепловыделений, спаев ТЭБ, радиатора использовались медь-константановые термопары, сигнал с которых поступал на измерительный комплекс ИРТМ, подключенный к ПЭВМ.

Для определения основных параметров исследуемого опытного образца при испыта-

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА С ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯМИ

ниях замерялись следующие величины: напряжение и ток на электронагревателе и ТЭБ; температура на верхней и нижней торцевой поверхности опытного образца, температуры на горячем спае ТЭБ.

На рисунке 2 представлены экспериментальные зависимости температуры оболочки (торцевой поверхности емкости с веществами, с которой имеет тепловой контакт электронагреватель) в зависимости от времени при плавлении веществ (сплошная линия – два вещества, пунктир – одно вещество, воск). Согласно приведенным графикам с ростом количества теплоты, подводимого к поверхности емкости в единицу времени (тепловой мощности) увеличивается температура оболочки.

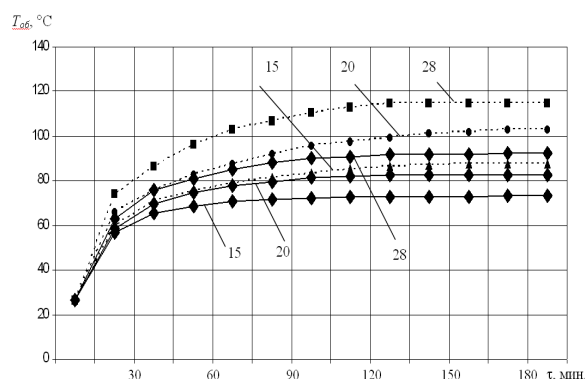


Рисунок 2 – Зависимость температуры оболочки от времени при плавлении одного и двух веществ для различных значений мощности нагревателя

Так, при использовании одного рабочего агента увеличение мощности нагревателя с 12 до 28 Вт повышает температуру оболочки примерно на 40 °С через 3 ч. Соответственно повышается и скорость плавления вещества. Согласно рисунку 3, где приведены данные о продолжительности полного плавления веществ от мощности нагревателя, увеличение теплоты рассеяния с 5 до 30 Вт снижает время полного плавления агентов с 5,2 до 1,3 ч. На практике это может привести к тому, что при определенных тепловых нагрузках может нарушиться нормальный режим работы элементов РЭА. Поэтому указанное обстоятельство следует учитывать при проектировании охлаждающей системы.

При этом использование в теплоотводящей системе двух наполнителей, как предложено в работе, снижает и стабилизирует температуру оболочки. В соответствии с кривыми, изображенными на рисунке 2, следует, что применение двух наполнителей вместо одного при изменении мощности рассеяния с

15 до 28 Вт снижает температуру оболочки в среднем на 20-22 °С. Здесь необходимо отметить незначительное отличие во времени полного плавления веществ в случае использования одного и двух наполнителей, что также подтверждает теоретические выкладки. В общем случае это отличие будет зависеть от теплофизических параметров веществ и их количественном соотношении в устройстве. Поэтому при подборе веществ в охлаждающее устройство необходимо учитывать этот факт.

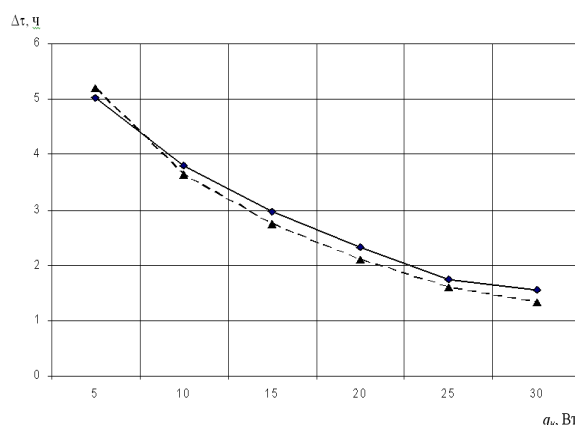


Рисунок 3 – Зависимость продолжительности полного плавления вещества от мощности нагревателя

На рисунке 4 приведены данные, полученные при экспериментальном исследовании охлаждения и затвердевания рабочих веществ. Представлены зависимости температуры оболочки (верхней и нижней торцевой поверхности емкости с веществами) в зависимости от времени при охлаждении и затвердевании веществ.

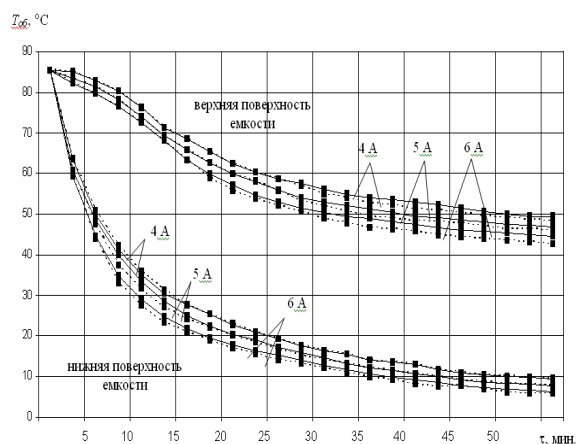


Рисунок 4 – Зависимость температуры оболочки от времени при охлаждении одного и двух веществ для различных значений тока питания ТЭБ

РАЗДЕЛ V. ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Согласно полученным зависимостям увеличение тока питания ТЭБ, соответствующее повышению теплового потока, при затвердевании рабочего вещества позволяет в значительной степени снизить время «паузы» в работе тепловыделяющего элемента РЭА. Графики показывают, что в случае, рассмотренном в опыте, повышение тока питания ТЭБ с 3 до 7 А, что соответствует увеличению холодопроизводительности с 40 до 70 Вт, позволяет сократить это время с 55 до 27 мин.

На рисунке 5 для сравнения представлены данные, снятые при остывании и затвердевании рабочего вещества при использовании ТЭБ с холодопроизводительностью 60 Вт и естественном теплообмене с окружающей средой. Для отвода теплоты применялся медный радиатор с воздушным охлаждением. Сопоставление кривых показывает, что при использовании для интенсификации процесса затвердевания рабочего вещества ТЭБ время охлаждения тепловыделяющего элемента до температуры окружающей среды примерно в 3 раз меньше, чем при использовании естественного теплообмена. Указанное обстоятельство позволяет снизить ограничения во времени перерыва в работе циклически работающего элемента РЭА. При этом продолжительность затвердевания опытного образца с одним и двумя наполнителями, как и для случая исследования процесса плавления, примерно одинакова.

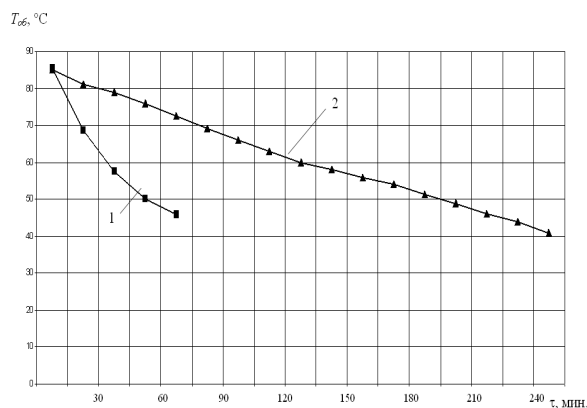


Рисунок 5. Зависимость температуры оболочки от времени при охлаждении веществ с помощью ТЭБ (1) и за счет естественного теплообмена с окружающей средой (2)

Для дальнейшей интенсификации процесса охлаждения и затвердевания веществ целесообразным является использование дополнительного теплосъема с боковой поверхности емкости с наполнителями. Согласно полученным экспериментальным данным

при использовании базовой ТЭБ с током питания 4 А и дополнительной ТЭБ с током питания 4, 5 и 6 А время полного затвердевания вещества может быть сокращено соответственно до 24, 21 и 19 мин.

В ходе эксперимента оценивалась целесообразность использования развитой здесь системы отвода теплоты в свете ее энергетической эффективности. Для этой цели измерялись величина потребляемой ТЭБ электрической энергии. На рис.6 представлены результаты экспериментальных исследований в виде зависимости времени, необходимого для затвердевания рабочего вещества от потребляемой ТЭБ электроэнергии. Как следует из графика, значение потребляемой мощности незначительно. Для снижения времени охлаждения тепловыделяющего элемента до 27 мин для питания ТЭБ требуется не более 130 Вт.

Заключение

Таким образом, применение указанной системы для обеспечения температурных режимов работы элементов РЭА с повторнократковременными тепловыделениями позволит существенно повысить продолжительность их работы, уменьшить тепловую нагрузку и повысить стабильность характеристик. При этом потребление электрической энергии возрастет незначительно.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта №П1210 от 04.06.2010 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушко В. Ю. Метод выбора параметров многослойной защиты электронного устройства от мощного теплового воздействия / В. Ю. Сушко, В. А. Кораблев, А. В. Шарков. - Известия вузов. Приборостроение. - 2006. - т. 49, № 3. - С. 14-18
2. Алексеев В. А. Охлаждение радиоэлектронной аппаратуры с использованием плавящихся веществ / В. А. Алексеев. - М.: Энергия, 1975. - 78 с., ил.

д.т.н., профессор **Т.А. Исмаилов** -, ректор ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», dstu@dstu.ru, (8722)623762, к.т.н., доцент **О.В. Евдюлов**, ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», ole-ole-ole@rambler.ru, (8722)628269, к.т.н., ст. преподаватель **Д.В. Евдюлов**, ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», ole-ole-ole@rambler.ru, (8722)628269.