

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ НЕРАВНОМЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ

Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов, И.А. Габитов

В работе рассмотрено описание экспериментального стенда для проведения натурных испытаний опытного образца системы неравномерного охлаждения электронных плат. Приведены соответствующие результаты экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** экспериментальный стенд, натурные испытания, электронная плата, термоэлектрический модуль, неравномерный теплоотвод, плавящееся вещество

При охлаждении электронных плат целесообразным является осуществлять неравномерный теплоотвод от их элементов в соответствии с уровнем тепловыделений. Для этих целей в Дагестанском государственном техническом университете разработано устройство [1], в котором данный принцип реализуется путем совместного использования плавящихся рабочих ве-

ществ и термоэлектрических модулей (ТЭМ).

В настоящей работе представлено описание стенда для проведения натурных испытаний опытного образца данного прибора, а также приведены результаты его экспериментальных исследований.

Принципиальная схема экспериментального стенда приведена на рисунке 1.

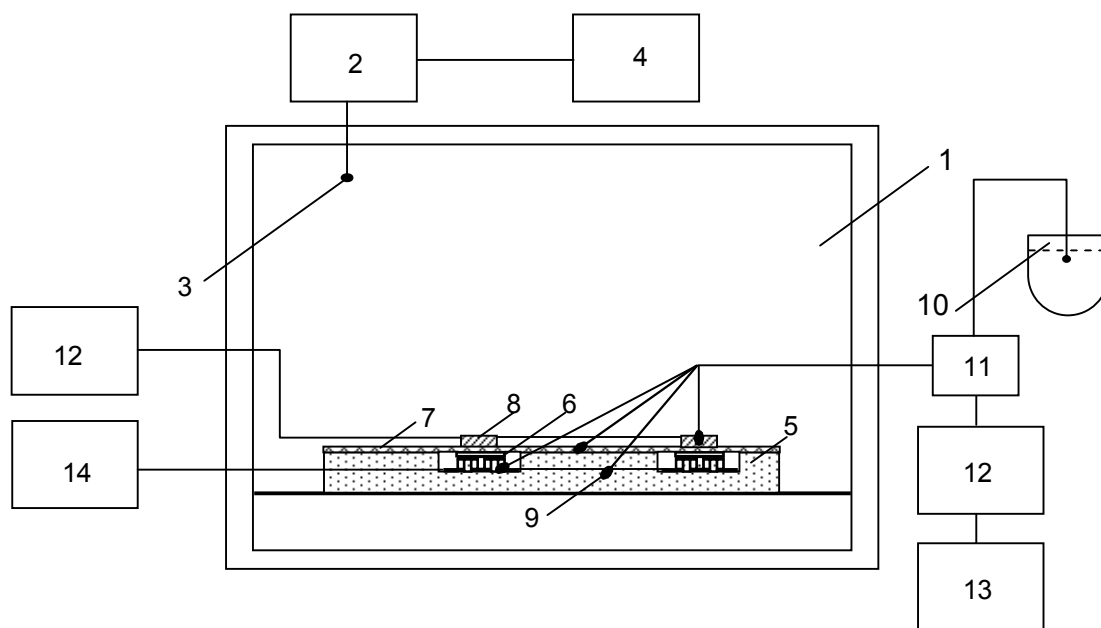


Рисунок 1 - Принципиальная схема экспериментального стенда

Исследования проводились в теплоизолированной климатической камере 1, термостатируемый рабочий объем которой составляет 120 л. Камера обеспечивает поддержание температуры в пределах от 283 до 343 К с точностью 0,2° С и относительной влажности от 30% до 98%. Заданная температура и относительная влажность в камере регулируется блоком управления 2, связанным с датчиком температуры и влажности 3, показания которого

регистрируются цифровым табло 4.

Объектом экспериментальных исследований являлся опытный образец системы охлаждения, представляющий емкость 5, заполненную рабочим веществом – парафином. Верхняя поверхность емкости выполнена профилированной с образованием двух пазов, в которых размещены стандартные ТЭМ 6 типа DRIFT-08. Место расположения пазов соответствует размещению на имитаторе электронной платы 7 те-

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ НЕРАВНОМЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ

тепловыделяющих элементов 8, в качестве которых применялись плоские нихромовые электронагреватели. Топология размещения на имитаторе электронной платы тепловыделяющих элементов показана на ри-

сунке 2. Имитатор соответствует проектируемой электронной плате высокочастотного усилителя мощности ОАО «Избербашский радиозавод им. П.С. Плешакова».

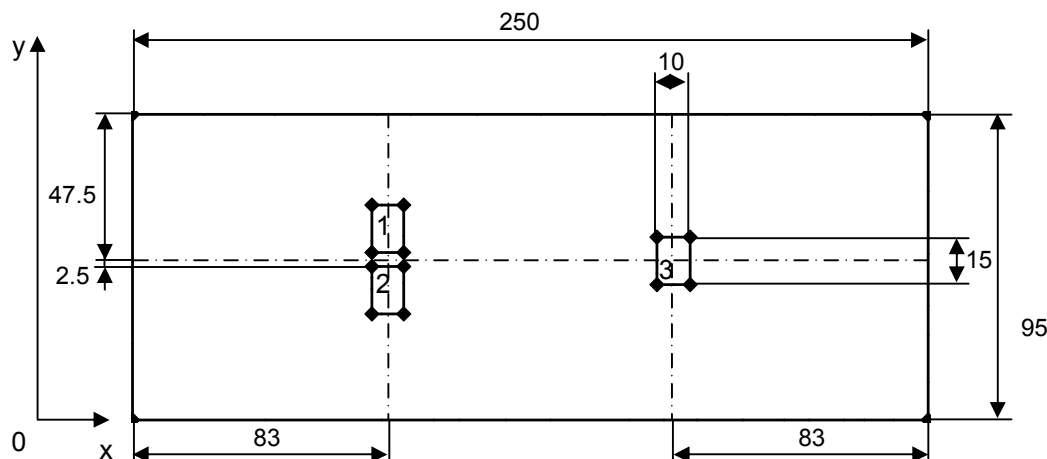


Рисунок 2 - Топология имитатора электронной платы

На рисунке 3 приведен график изменения температуры в контрольных точках имитатора электронной платы во времени при использовании опытного образца системы охлаждения. Согласно представленным данным применение охлаждающей системы уменьшает температуру тепловыделяющих элементов до приемлемых значений. Для случая, соответствующего источникам теплоты 1 и 3 изображенного на рисунке 3, температура источников теплоты снижается до 345 К и 344 К соответственно. При этом также уменьшается температурный фон, создаваемый тепловыделяющими элементами в близлежащих к ним областях имитатора электронной платы.

Для определения основных параметров исследуемого опытного образца при испытаниях замерялись следующие величины: напряжение и ток на ТЭМ; температуры на их спаях; напряжение и ток на нагревателях, температуры в контрольных точках имитатора электронной платы, включая нагреватели, оболочки емкости с рабочим веществом.

Температуры на горячей и холодной сторонах ТЭБ, а также в контрольных точках имитатора электронной платы измерялись медь-константановыми термопарами 9, опорные спаи которых находились в сосуде Дьюара 10. Выходные сигналы с термопар через многоканальный переключатель 11 поступали на измерительный комплекс ИРТМ 12, к выходу которого подключалась персональная ЭВМ 13, регистри-

рующая показания измеряемых температур через заданный промежуток времени. Питание ТЭМ осуществлялось регулируемым источником постоянного тока 14. Ток, проходящий через ТЭМ, и напряжение на нем контролировались встроенными в блок питания приборами. Для питания имитаторов тепловой нагрузки (электронагревателей) использовался аналогичный источник постоянного тока 15.

Основной задачей, стоящей при проведении экспериментальных исследований, являлось определение температурных зависимостей тепловыделяющих элементов имитатора электронной платы при их неравномерном охлаждении от параметров ТЭМ и рабочего вещества, а также изменение во времени температуры оболочки емкости с рабочим агентом. Важным являлось сравнение экспериментальных данных с теоретическими.

Получены экспериментальные зависимости изменения температуры в контрольных точках имитатора электронной платы во времени без системы охлаждения при различных мощностях. Согласно данным температура тепловыделяющих элементов значительно повышается. Так, для источника теплоты 1 в стационарном режиме ее значение составляет 428 К при мощности тепловыделений 120 Вт и 410 К при мощности тепловыделений 100 Вт (те же значения температуры и для тепловыделяющего элемента 2), а для источника теплоты 3 соответственно – 396 К и 382 К. При этом так-

### РАЗДЕЛ III. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

же велика температура в областях имитатора электронной платы, близлежащих к источникам теплоты, что говорит о наличии значительного температурного фона, который может сказаться на работе элементов электронной платы – служить причиной выхода их из строя.

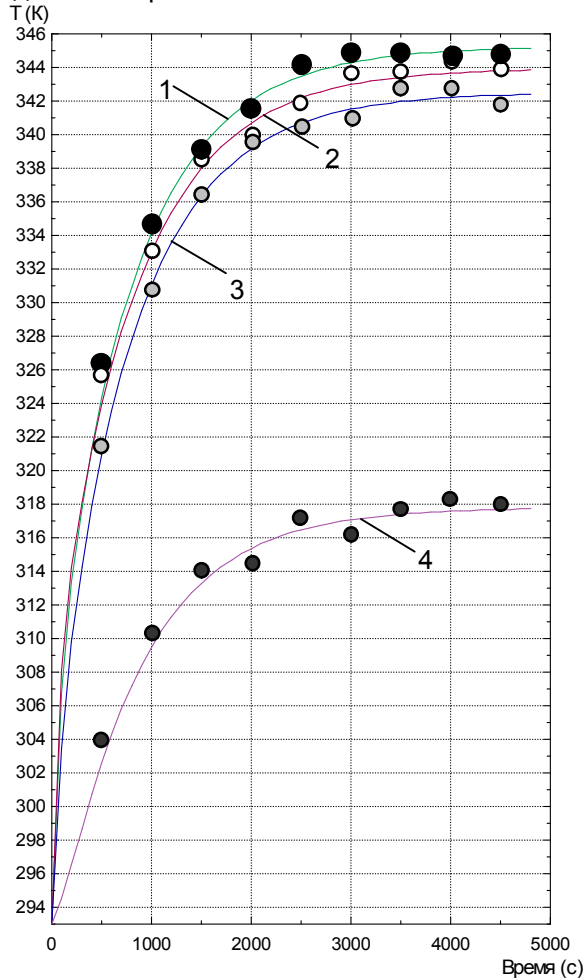


Рисунок 3 - Изменение температуры различных точек электронной платы во времени при мощности тепловыделяющих элементов 120 Вт и токе питания ТЭБ 10 А: 1 – температура источника теплоты 1; 2 – температура источника теплоты 2; 3 – температура при  $x=125$  мм,  $y=47,5$  мм; 4 – температура при  $x=17$  мм,  $y=14$  мм

Для анализа энергетических характеристик системы охлаждения на рисунке 4 показано изменение температуры контрольных точек имитатора электронной платы от силы питающего ТЭБ электрического тока и потребляемой электрической энергии. В соответствии с полученными данными с увеличением силы тока, протекающего через ТЭБ, температура всех контрольных точек уменьшается. При этом ее наименьшее значение для данного случая при мощности источников теплоты

120 Вт составляет 344 К, что соответствует току питания ТЭБ 9 А. Очевидно, что дальнейшее увеличение электрического тока вплоть до оптимального для данного типа ТЭМ значения (11,3 А) даст дальнейшее снижение температуры контрольных точек.

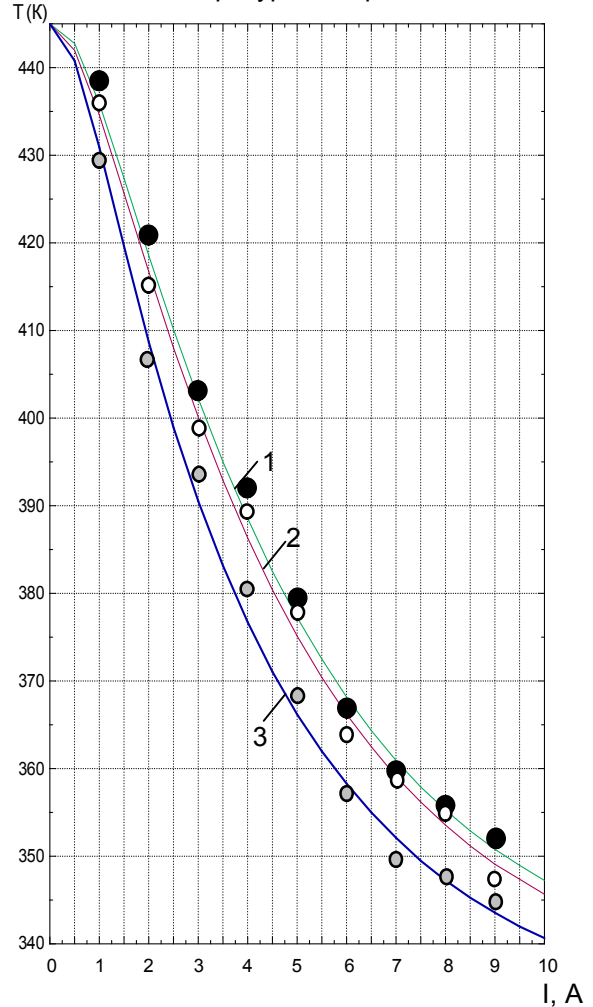


Рисунок 4 - Изменение температуры различных точек электронной платы от тока питания ТЭБ в стационарном режиме при мощности тепловыделяющих элементов 120 Вт: 1 – температура источника теплоты 1; 2 – температура источника теплоты 2; 3 – температура при  $x=125$  мм,  $y=47,5$  мм

Соответственно с ростом тока питания ТЭБ увеличивается потребляемая ею электрическая мощность. Для случая, представленного на рисунке 4, току 9 А соответствует потребляемая мощность 360 Вт.

Получены экспериментальные зависимости температуры оболочки в зависимости от времени при плавлении рабочего вещества для различных значений тока питания ТЭБ. Согласно данным с ростом тока питания увеличивается количество теплоты, подводимого к поверхности емкости в еди-

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ НЕРАВНОМЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ

ницу времени (тепловой мощности), что повышает температуру оболочки. Так, при использовании в качестве рабочего агента парафина увеличение тока питания ТЭБ с 3 до 9 А повышает температуру оболочки примерно на 40 К через 1,5 час. Соответственно повышается и скорость плавления вещества. Согласно рисунку 5, где приведены данные о продолжительности полного плавления веществ при различных значениях

Время, с

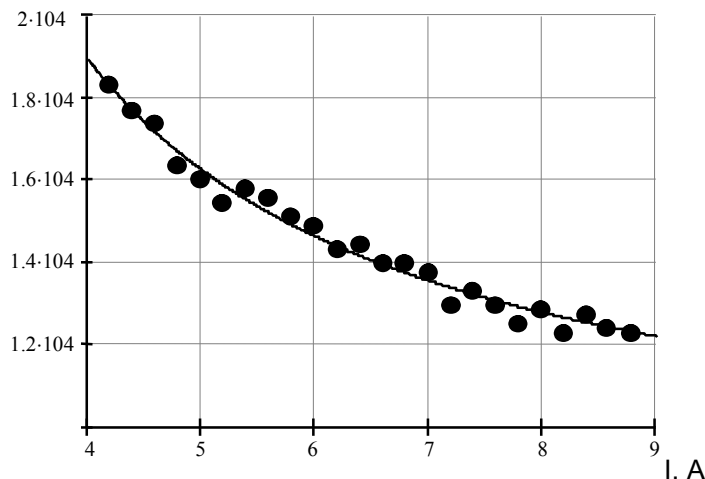


Рисунок 5 - Зависимость изменения времени полного проплавления рабочего вещества от тока питания ТЭБ

По результатам опытов проведено сопоставление теоретических и экспериментальных данных. На рисунках 3-5 теоретическим данным соответствуют сплошные линии.

Полученные экспериментальные значения определяют приемлемую точность расчетной модели и соответствующих теоретических выкладок. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 10 %. Наибольшее отклонение расчетных данных и опыта наблюдается при измерении температуры оболочки емкости с рабочим веществом, что объясняется наличием в расчетной модели ряда допущений, снижающих точность расчета.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта №П2471 от 19.11.2009

ниях тока питания ТЭБ, увеличение электрического тока с 4 до 9 А снижает время полного плавления агентов с 5,1 час. до 3,3 час. На практике это может привести к тому, что при соответствующих тепловых нагрузках может нарушиться нормальный режим работы элементов электронной платы. Поэтому указанное обстоятельство следует учитывать при проектировании охлаждающей системы.

Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ №2365072. Устройство для охлаждения электронных плат / Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Агаев М.У., 2009, бюл. №23.

**Т.А. Исмаилов** д.т.н., профессор, ректор ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru), (8722)623761. **О.В. Евдулов** к.т.н., доцент ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», [unidgtu@yandex.ru](mailto:unidgtu@yandex.ru), (8722)628269. **И.А. Габитов** ст. преподаватель ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», [unidgtu@yandex.ru](mailto:unidgtu@yandex.ru), (8722) 628269.