

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Озеркина Дениса Витальевича

(фамилия, имя, отчество – при наличии (полностью))

на тему «Модели, алгоритмы и комплекс программ анализа и синтеза характеристик термостабильной радиоэлектронной аппаратуры»

(название диссертации)

по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

(шифр и наименование специальности)

на соискание ученой степени доктора технических наук

(отрасль науки)

Актуальность представленной диссертационной работы обусловлена активным внедрением статистических методов при проектировании современной радиоэлектронной аппаратуры, в частности, при разработке термостабильных электронных средств специального назначения. Следует отметить, что научные исследования в этой области относительно редки. Существующие на сегодняшний момент методические подходы проектирования термостабильной радиоэлектронной аппаратуры на основе эмпирических методов не позволяют в полной мере решить задачи по необходимости и достаточности заданной температурной стабильности. Например, в области космического приборостроения важным является обоснование критериальных и целевых показателей, прогнозирование надежности и срок активного существования систем и комплексов. Чтобы успешно решать задачи такого рода, необходимы, с одной стороны, общая математическая модель явления температурной стабильности радиоэлектронного аппарата, с другой – комплекс частных математических моделей, алгоритмов, численных методов и программ. К статистическим методам в проектировании термостабильной радиоэлектронной аппаратуры относятся: метод полного факторного эксперимента, метод вычислительного эксперимента, метод Монте-Карло, которые диссертант применяет при решении задач обеспечения заданной температурной стабильности. Более того, Д.В.Озеркин расширяет теоретические основы факторного эксперимента, заменяя

натурный факторный эксперимент на его аналог с помощью программных SPICE-симуляторов. В работе показано, что замещение натурального факторного эксперимента на вычислительный эксперимент способствует резкому сокращению трудозатрат и позволяет за шесть вычислительных процедур получить математическую модель явления температурной стабильности выходного параметра радиоэлектронного аппарата. Помимо вопросов синтеза математической модели температурной стабильности радиоэлектронной аппаратуры, в представленной диссертации рассматриваются распространенные методы термостабилизации, а именно метод термокомпенсации и метод микротермостатирования.

Вообще теоретическим вопросам обеспечения нормального теплового режима радиоэлектронных аппаратов посвящено множество монографий, научных статей, диссертационных работ. Однако в этих работах, как правило, нет ответа на вопросы о целесообразности применения того или иного способа термостабилизации, обоснования достижимости заданного уровня температурной стабильности выходных характеристик радиоэлектронной аппаратуры. Именно такие вопросы рассматриваются и всесторонне анализируются в диссертационной работе Д.В.Озеркина.

Целью диссертационной работы является разработка моделей, методов математического моделирования и комплекса программ для анализа характеристик термостабильной радиоэлектронной аппаратуры. Достоверность результатов, приведенных в работе, не вызывает сомнений. В диссертации используется строгий математический аппарат, предлагаемые методы и алгоритмы апробированы либо в вычислительных экспериментах, либо в натуральных экспериментах. По теме представленной диссертации автором опубликовано 35 работ, в том числе, две монографии и 4 статьи в изданиях Scopus. Диссертация состоит из введения, семи глав, основных выводов, списка использованной литературы и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, перечислены методы исследования, указаны область, объект и предмет исследования, сформулирована научная новизна, выделены шесть положений, которые выносятся на защиту, отмечаются практическая и

теоретическая ценность полученных результатов, приводится информация об апробации (на различных конференциях) данной работы.

Глава 1 представленной диссертации содержит обзор известных практических способов термостабилизации электронных средств (ЭС) с последующим обоснованием системного принципа синтеза термостабильных ЭС. Во второй главе рассмотрена аналитическая зависимость выходного параметра ЭС от рабочих температур ЭРИ и температуры окружающей среды. На основании уравнения температурной погрешности, полученного во второй главе диссертационной работы, в главе 3 представлена методика синтеза SPICE-моделей отечественной электронной компонентной базы с температурной зависимостью параметров, пригодных для последующего нахождения коэффициентов влияния в уравнении температурной погрешности. Воспользовавшись результатами второй главы диссертационного исследования в части представления уравнения температурной погрешности ЭС, глава 4 посвящена разработке методик решения уравнения теплопроводности в одно-, двух- и трехмерной постановке, пригодных для нахождения значений абсолютных и относительных рабочих температур конструкций электронных средств в уравнении температурной погрешности. На основании результатов, полученных в третьей и четвертой главах, глава 5 посвящена исследованию эффекта анизотропности теплового поля несущих конструкций, обладающих значительными собственными тепловыделениями, на температурную стабильность выходных параметров электронных средств. Глава 6 посвящена дальнейшему исследованию микротермостатирования, когда уравнение температурной погрешности содержит доминирующие коэффициенты влияния. В главе 7 показано, что в настоящее время задача синтеза SPICE-моделей отечественной электронной компонентной базы не решена. Используя разработанную методику синтеза SPICE-моделей отечественных ЭРИ с температурной зависимостью параметров в главе 3, в главе 7 представлены результаты решения задачи по автоматизации их создания.

В заключении подводятся итоги диссертационного исследования, излагаются его основные результаты:

1. Разработан модифицированный метод регрессионного анализа температурной стабильности ЭС для реализации вычислительного факторного эксперимента с применением широко известных программных комплексов схемотехнического моделирования OrCAD PSpice и Spectrum MicroCAP. Функциональные возможности этих программных комплексов позволяют проводить вычислительный факторный эксперимент как для однопараметрических, так и для многопараметрических ЭРИ.

2. Решена задача синтеза адекватных математических моделей ЭРИ. Разработанная методика синтеза SPICE-моделей с температурной зависимостью параметров практически пригодна для схемотехнического анализа в современных SPICE-симуляторах с целью последующего нахождения коэффициентов влияния в уравнении температурной погрешности.

3. Разработаны методики и программные блоки для численного решения уравнения теплопроводности в одно-, двухмерной постановке в среде MathCAD, которые целесообразно применять для случаев конструкций ЭС в форме параллелепипедов. Разработаны программные блоки и методики по решению уравнения теплопроводности в трехмерной постановке в среде SolidWorks для случаев конструкций ЭС сложной, криволинейной формы.

4. Предложены оригинальные методики топологического позиционирования ЭРИ с целью обеспечения температурной компенсации в условиях термоанизотропности несущей конструкции ЭС. Применение модифицированного метода топологической термокомпенсации позволяет достичь заданной температурной стабильности ЭС в жестких условиях ограничений по использованию других методов термостабилизации.

5. Уравнение температурной погрешности пригодно для решения обратной задачи температурной стабильности.

6. Разработка комплекса программ «Российский компонент» для синтеза SPICE-моделей способствует сокращению материальных и временных ресурсов при формировании SPICE-моделей целесообразно применение средств автоматизации для генерации текстовых описаний.

Таким образом, в диссертационной работе Д.В.Озеркина даны теоретические основы, математические модели, численные методы и алгоритмы для анализа и синтеза характеристик термостабильной радиоэлектронной аппаратуры. Помимо ценных теоретических и практических результатов, в диссертации приведены фрагменты синтеза математических моделей отечественной электронной компонентной базы, сделанные с помощью оригинального комплекса программ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663975). Это свидетельствует о современном стиле работы Озеркина Д.В., которая содержит как разработку статистических методов, так и их программное обеспечение.

В представленной диссертационной работе оппонент указывает на следующие замечания:

1. Задачи обеспечения температурной стабильности радиоэлектронной аппаратуры изучаются на основе вероятностно-статистических моделей, в то время как существуют также методы проектирования на основе детерминированных математических моделей и натуральных экспериментов.

2. Выделение в отдельный блок исследований однопараметрических электрорадиоизделий (ЭРИ) представляется излишним. Во-первых, однопараметрические ЭРИ есть частный случай многопараметрических ЭРИ. Во-вторых, доля однопараметрических ЭРИ в номенклатуре современной электронной компонентной базы невелика.

3. Современная номенклатура электронной компонентной базы достаточно разнообразна – от резисторов до программируемых логических интегральных схем. В связи с этим предложенная автором диссертации методология синтеза SPICE-моделей ЭРИ не всегда может быть применима ко всему многообразию существующей элементной базы.

4. В работе недостаточно обосновано использование программных комплексов MathCAD и SolidWorks в качестве инструментов для нахождения количественных характеристик температурного поля численными методами.

5. Не указана роль соавторов в совместных публикациях.

Отмеченные замечания не снижают общую высокую оценку работы. Она выполнена на адекватном научном уровне, хорошо оформлена. Материалы диссертации достаточно полно освещены в публикациях автора. В целом диссертационная работа Д.В.Озеркина «Модели, алгоритмы и комплекс программ анализа и синтеза характеристик термостабильной радиоэлектронной аппаратуры» представляет собой целостную научную работу, в которой автором разработаны теоретические основы, методы и алгоритмы, имеющие важное прикладное значение.

Считаю, что диссертационная работа Д.В.Озеркина «Модели, алгоритмы и комплекс программ анализа и синтеза характеристик термостабильной радиоэлектронной аппаратуры» соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней». Автор работы Озеркин Денис Витальевич достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплекс программ.

Официальный оппонент —

доктор технических наук, профессор,
генеральный директор ООО «Научно-
исследовательский институт «АСОНИКА»



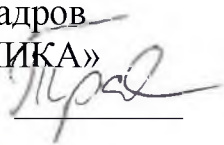
А.С. Шалумов

Адрес: 601914, Владимирская область, г. Ковров,
ул. Машиностроителей, д. 11, офис 69;
E-mail: als@asonika-online.ru;
Тел.: +7(916)-581-25-77

Подпись Шалумова Александра Славовича удостоверяю:

Начальник отдела кадров
ООО «НИИ «АСОНИКА»

к.т.н. Травкин Д.Н.



« 14 » февраля 2024 г.

