

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ И МЕТОДИК АНАЛИЗА И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Н. В. Горячев, М. К. Танатов, Н. К. Юрков

Введение

Повышение степени интеграции радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и ее элементной базы, стремление постоянно снижать габариты и массу изделий приводят к более тяжелым тепловым режимам работы РЭА. Современная РЭА нередко эксплуатируется в жестких температурных условиях (производственные помещения, военная техника, космос, автономно функционирующее на открытом воздухе информационно-измерительное оборудование и т.п.) одновременно с повышенными механическими и электромагнитными воздействиями. Между тем, надежное функционирование аппаратуры возможно лишь при условии обеспечения ее оптимального теплового режима. Последнее может решаться как на системотехническом или схемотехническом уровне, так и на конструктивном уровне [1]. Методы и средства обеспечения теплового режима РЭА изложены в работе [2]. Наиболее распространенным средством, обеспечивающим тепловой режим является воздушная система охлаждения (СО) [3]. В современных условиях проектирования практически отпала необходимость в проведении расчета конструктивных параметров СО. Это связано с доступностью широкой номенклатуры унифицированных конструкций воздушных СО с заранее известными теплофизическими и конструктивными характеристиками. В связи с чем задача конструктора при теплофизическом проектировании РЭА может быть сведена к выбору унифицированной СО. Однако в связи с большим номенклатурным перечнем унифицированных СО, который включает несколько тысяч типовых конструкций, такой выбор в ручном режиме достаточно трудоемок. Также отсутствуют специализированные аппаратные средства, позволяющие проводить анализ работы СО.

Таким образом, актуальность исследования заключается в необходимости разработки комплексных аппаратно-программных средств, позволяющих не только проводить анализ СО РЭА, но и обеспечить их автоматизированный выбор из базы унифицированных конструкций, выпускаемых промышленностью.

Постановка задачи

Необходимо совершенствование существующих и разработка новых аппаратно-программных средств и методик, предназначенных для анализа работы и автоматизированного выбора СО РЭА.

В работе [4] в результате анализа программного обеспечения, применяемого при теплофизическом проектировании РЭА, выявлены основные недостатки этих средств. Показана необходимость создания новых, комплексных средств теплофизического проектирования, включающих в свой состав инструменты проведения натурального эксперимента. Обоснованно спрогнозированы возможные результаты от создания таких средств.

В работе [5] доказана актуальность создания автоматизированной системы СО электрорадиоэлемента. Предложена концепция создания подобной системы, обеспечивающей выбор унифицированной конструкции СО. Одновременно определены требования к системе. Выведены основные задачи, которые необходимо решить при создании автоматизированной системы выбора СО. Обоснование применения системы в рамках интегрированной среды проектирования электроники дано в работе [6].

Попытка создания аппаратной платформы для проведения натурных испытаний сделана в работе [7]. Авторами на примере стенда исследования температурного поля одного типа СО описан эффективный способ создания лабораторного оборудования, предназначенного для снятия

температурных характеристик исследуемого объекта. Основным недостатком работы [7] следует считать закрытость архитектуры созданного стенда, возможность исследования только одного типа СО, отсутствие элементов межсистемного взаимодействия с программными средствами.

В работах [8, 9] авторы, основываясь на результатах, приведенных в [7], усовершенствовали стенд исследования СО и предложили информационно-измерительный комплекс (ИИК). В отличие от предыдущей конструкции новый ИИК обладает открытой, масштабируемой архитектурой и позволяет исследовать воздушные СО различного типа. Последнее осуществляется за счет вынесения исследуемой СО в отдельный от основного блока функциональный модуль, названный авторами сменным блоком исследуемого объекта (СБИО). Описание тепловой модели СБИО предложено в работе [10], а ее совершенствование с целью учета дестабилизирующих факторов приведено в работе [11].

Алгоритмическое обеспечение ИИК описано в работах [12, 13]. Описание схемы информационного обмена между аппаратной частью ИИК и его программной частью, функционирующей на ПЭВМ, дано в [12]. Особенности работы компьютерной программы, являющейся программной частью ИИК, и ее алгоритм приведены в [13].

Особенности создания автоматизированной системы выбора СО приведены в [14], где рассмотрен алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплоотвода. Фактически выбор СО из базы данных осуществляет экспертная система, используя для этого методику многокритериального выбора. Авторы, основываясь на работе [15], в которой описана программа для расчета температуры перегрева электрорадиоизделия РЭА, выбирают в качестве критерия, имеющего наибольший вес, тепловое сопротивление СО. Алгоритм функционирования программы показан на рис. 1.

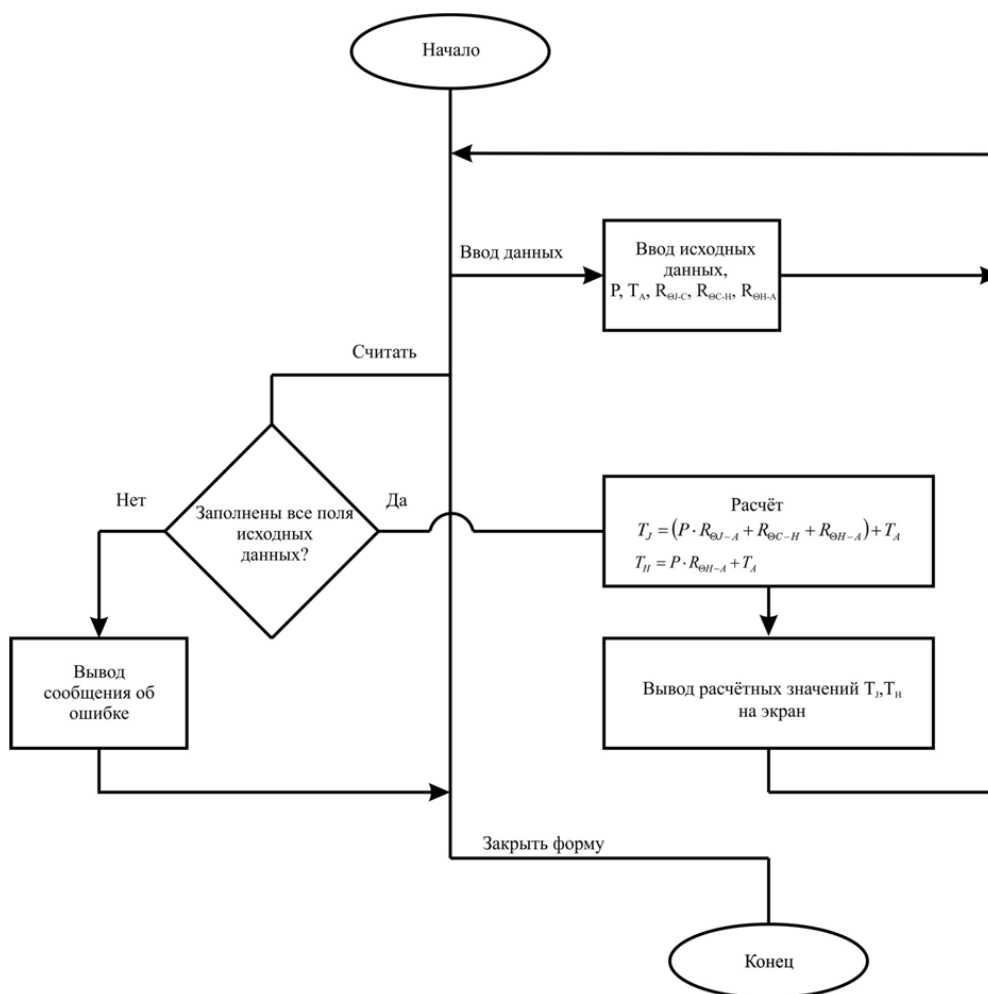


Рис. 1. Блок-схемы алгоритма функционирования программы расчета температуры перегрева кристалла и теплоотвода ЭРЭ

Методическое обеспечение предложено в работе [16] в виде методики, использующей результаты натурного и вычислительного экспериментов для обоснованного выбора СО. Предложенная авторами методика имеет три вектора функционирования и позволяет использовать возможности современного научно-исследовательского оборудования при проектировании средств тепловой защиты РЭА.

Результаты практической реализации ИИК и алгоритмов его функционирования представлены в работе [17]. При реализации авторы использовали структурную модель ИИК, показанную на рис. 2.

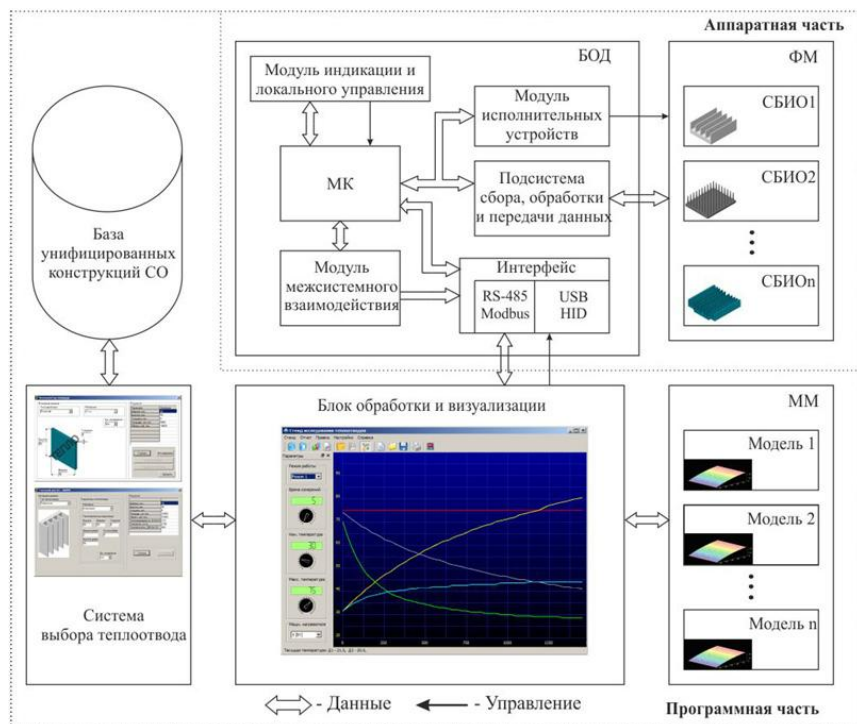


Рис. 2. Структурная модель ИИК: БОД – блок обработки данных; МК – микроконтроллер; СБИО – сменный блок исследуемого объекта; ФМ – физическая модель; ММ – математическая модель

Блок обработки данных (БОД) включает вычислительное ядро (микроконтроллер), подсистему автоматизированного управления, подсистему сбора передачи и обработки данных, а также часть рабочего места пользователя (модуль индикации и локальные органы управления).

Сменный блок исследуемого объекта (СБИО) состоит из подсистемы измерений и объектовой подсистемы. Подсистема измерений – это набор первичных преобразователей физических величин (датчиков). Объектовая подсистема представляет собой исследуемый объект. В состав СБИО разных модификаций введены функциональные узлы, реализующие дополнительные, вспомогательные функции, например индикацию включения нагрева и т.п.

Общий вид спроектированного ИИК с набором СБИО, содержащих СО различной геометрии и площади, показан на рис. 3.



Рис. 3. ИИК с набором сменных блоков

На лицевой панели БОД расположен жидкокристаллический индикатор, отображающий информацию, необходимую для работы с ИИК. Для управления всеми режимами комплекса используются четыре функциональные клавиши.

Основой БОД является микроконтроллер с широкими функциональными возможностями. Применение последнего позволило отказаться от многих устаревших аналоговых узлов (аналоговые индикаторы, терморпары и т.п.) и разработать ИИК с использованием современных технологий и элементной базы.

Результаты исследования

В результате проведенного исследования впервые предложена концепция, алгоритмы и методика функционирования информационно-измерительного комплекса для исследования СО РЭА. Разработанный ИИК отличается от существующих средств, используемых при теплофизическом проектировании, возможностью проведения натурных исследований различных моделей СО, наличием элементов межсистемного взаимодействия, позволяющих объединить результаты натурального и вычислительного экспериментов. Впервые предложена система поддержки принятия решений в области выбора унифицированной конструкции СО, осуществляющая выбор с учетом теплового сопротивления СО. Разработанная методика отличается от существующих:

- возможностью объединения результатов натурального и вычислительного экспериментов;
- наличием трех векторов функционирования, что позволяет проводить процесс теплофизического проектирования, используя различные наборы начальных данных;
- возможностью определения взаимной адекватности математической и натурной моделей СО.

Три вектора функционирования методики фактически являются независимыми стратегиями теплофизического проектирования, которые не связаны друг с другом. В зависимости от поставленной задачи инженер-конструктор, осуществляющий проектирование, имеет возможность выбирать требуемую стратегию.

Принимая во внимание результаты практического использования ИИК, которые изложены в работах [18, 19], доказана высокая эффективность и точность предложенной методики.

Список литературы

1. Андреев, П. Г. Основы проектирования электронных средств : учеб. пособие / П. Г. Андреев, И. Ю. Наумова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – 124 с.
2. Дульнев, Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре : учеб. для вузов / Г. Н. Дульнев. – М. : Высш. шк., 1984. – 247 с.
3. Андреев, П. Г. Защита радиоэлектронных средств от внешних воздействий : учеб. пособие / П. Г. Андреев, И. Ю. Наумова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – 130 с.
4. Юрков, Н. К. Программные средства теплофизического проектирования печатных плат электронной аппаратуры / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев // Молодой ученый. – 2013. – № 10. – С. 128–130.
5. Горячев, Н. В. Концепция создания автоматизированной системы выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. – 2010. – № 11. – С. 171–176.
6. Горячев, Н. В. Концептуальная схема разработки систем охлаждения радиоэлементов в интегрированной среде проектирования электроники / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Проектирование и технология электронных средств. – 2009. – № 2. – С. 66–70.
7. Стенд исследования тепловых полей элементов конструкций РЭС / В. А. Трусов, Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, П. Г. Андреев // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2008. – Т. 2. – С. 162–166.
8. Структура автоматизированной лаборатории исследования теплоотводов / А. В. Лысенко, Н. В. Горячев, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – Т. 2. – С. 119–120.
9. Юрков, Н. К. Структура и программно-информационное обеспечение информационно-измерительного лабораторного комплекса / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев, А. В. Лысенко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2012. – Т. 130, № 5. – С. 169–173.
10. Горячев, Н. В. Тепловая модель сменного блока исследуемого объекта / Н. В. Горячев // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – Т. 1. – С. 263–263.

11. Граб, И. Д. Уточнение тепловой модели сменного блока исследуемого объекта / И. Д. Граб, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – Т. 1. – С. 169–171.
12. Алгоритм функционирования стенда исследования теплоотводов и систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, Н. К. Юрков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2011. – № 1. – С. 385–391.
13. Алгоритм функционирования компьютерной программы стенда исследования теплоотводов / Н. К. Юрков, И. Д. Граб, Н. В. Горячев, А. В. Лысенко // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – Т. 1. – С. 244–246.
14. Горячев, Н. В. Алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н. В. Горячев // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – Т. 2. – С. 238–238.
15. Программа инженерного расчета температуры перегрева кристалла электрорадиокомпонента и его теплоотвода / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – Т. 2. – С. 242–243.
16. Горячев, Н. В. Концептуальное изложение методики теплофизического проектирования радиоэлектронных средств / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. – 2013. – № 17. – С. 214–215.
17. Информационно-измерительный лабораторный комплекс исследования теплоотводов электрорадиоэлементов / Н. К. Юрков, И. Д. Граб, Н. В. Горячев, А. В. Лысенко // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – Т. 2. – С. 239–240.
18. Горячев, Н. В. Опыт применения систем сквозного проектирования при подготовке выпускной квалификационной работы / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 534–540.
19. Лабораторный комплекс в архитектуре икос как основа формирования умений / В. Б. Алмаметов, И. Д. Граб, А. В. Затылкин, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков, В. Я. Баннов, И. И. Кочегаров // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2008. – Т. 1. – С. 213–215.

УДК 621.396.6.001.2

Горячев, Н. В.

Исследование и разработка средств и методик анализа и автоматизированного выбора систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Н. В. Горячев, М. К. Танатов, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 3. – С. 70–75.

Горячев Николай Владимирович

ведущий программист,
кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет,
440026, Россия, г. Пенза, Красная, 40
E-mail: ra4foc@yandex.ru

Танатов Марат Кудайбергенович

старший преподаватель,
кафедра конструкций и эксплуатации самолетов
и двигателей,
Военный институт Сил воздушной обороны
им. Дважды Героя Советского Союза
Талгата Бегельдинова,
Казахстан, г. Актобе,
проспект Алии Молдагуловой, 16

Юрков Николай Кондратьевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой,
кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
(841-2) 56-43-46
E-mail: yurkov_NK@mail.ru

Goryachev Nikolay Vladimirovich

lead programmer,
sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia
E-mail: ra4foc@yandex.ru

Tanatov Marat Kudaybergenovich

senior lecturer,
sub-department of design and operation
of aircraft and motors,
Military Institute of Air Defense
named after Hero of the Soviet Union
Talgat Begeldinova,
16 Alii Moldagulovoy avenue, Aktobe, Kazakhstan

Yurkov Nikolay Kondrat'evich

doctor of technical science, professor,
head of sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia
(841-2) 56-43-46
E-mail: yurkov_NK@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен способ создания стабильного динамического остеосинтеза с помощью оригинальной конструкции – демпфирующей зигзагообразной малоконтактной деротационной пластины.

Ключевые слова: остеосинтез, наконечные фиксаторы, компрессия.

Abstract. A method for creating a stable dynamic of osteosynthesis with the original design - a bead-forming a little damper contact derotation plate.

Key words: fixation, extramedullary latches, compression.