

Н.В. ГОРЯЧЕВ,  
И.И. КОЧЕГАРОВ, Н.К. ЮРКОВ

**К вопросу реализации метода  
автоматизированного выбора  
системы охлаждения**

УДК 62-71

ФГБОУ ВПО  
«Пензенский  
государственный  
университет»,  
г. Пенза

Для эффективного использования информационно-измерительного комплекса исследования теплоотводов предложенного в [1] авторами разработана методика теплофизического проектирования (ТФП). Следует отметить, что под термином ТФП подразумевается последовательность действий, приводящая к выбору системы тепловой защиты радиоэлектронного средства (РЭС) и его теплонагруженных элементов. Результатом получаемым в ходе выбор тепловой защиты того или иного теплонагруженного элемента РЭС, является тип системы охлаждения (СО). Как справедливо отмечено в работе [2], сегодня промышленностью выпускается широкая номенклатура унифицированных конструкций СО. Фактически унифицированные СО покрывают большую часть потребностей конструктора РЭА. Вследствие чего, для решения типовых конструкторских задач, отпадает необходимость в применение достаточно сложных методов расчета теплоотвода [3], которые хотя и хорошо изучены, но при этом достаточно трудоемки. При решении типовых конструкторских задач, к которым, например относится расчет теплоотвода для полупроводникового элемента в стандартном корпусе, авторы предлагают использовать методику ТФП, в которой ключевым, завершающим этапом является выбор унифицированной конструкции СО.

Настоящая методика распространяется на РЭС, СО в которых работают в стационарном тепловом режиме с естественным или принудительным воздушным охлаждением при изменении температуры окружающей среды от  $-60$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  и атмосферного давления от 5 до 1520 мм рт. ст. (от 665 до 202160 Н/м<sup>2</sup>).

Методика может применяться при разработке конструкций РЭС работающих в заданном тепловом режиме и содержащих теплонагруженные элементы в стандартном корпусе заданной.

Структурная схема методики представлена на рисунке 1.

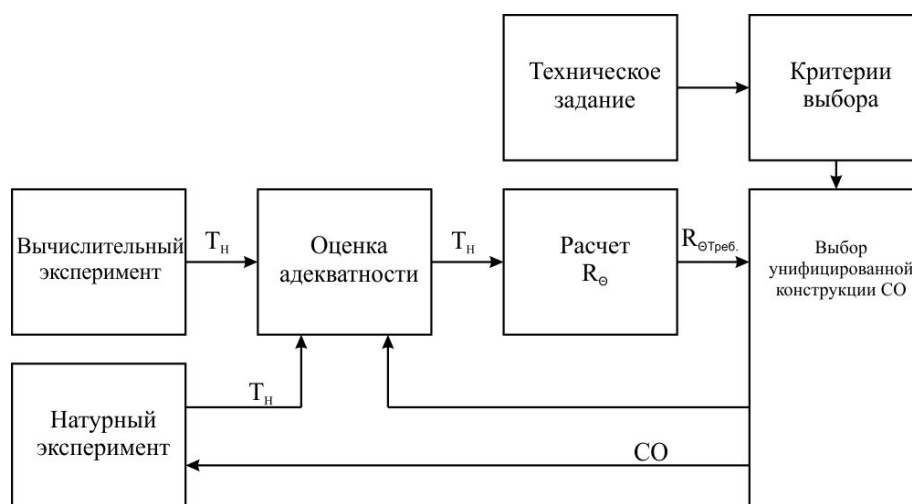


Рис. 1. Структурная схема методики теплофизического проектирования с элементами автоматизированного выбора СО

На основе требований изложенных в техническом задании конструктор, учитывая набор критериев, должен выбрать систему охлаждения (СО), которая позволит обеспечить нормальный тепловой режим РЭС и её элементов. Для решения этой задачи предлагается в единой методике объединить результаты вычислительного и натурального экспериментов. Такое объединение позволяет обеспечить всестороннее решение трудноформализуемой задачи ТФП решение которой, как правило, связано с построением сложной математической модели (ММ) СО или всего РЭС. Однако, как известно построение ММ и её связь с реальным объектом осуществляется с помощью упрощения и идеализации модели. Исходя из этого ММ СО содержит неточности, которые зачастую незаметны при нормальном режиме работы СО, но проявляют себя при тяжелых и критических режимах эксплуатации. Вследствие этого, по мнению авторов, крайне важно в процессе ТФП использовать не только результаты вычислительного эксперимента направленного на исследования ММ, но и результат натурального эксперимента направленного на исследование полученного в ходе проектирования решения.

Наряду с учетом результатов вычислительного и натурального экспериментов, а также применением системы автоматизированного

выбора системы охлаждения [2], отличительной особенностью предлагаемой методики является наличие трех векторов функционирования (таблица 1)

Таблица 1

### Векторы функционирования

Вектор функционирования	Последовательность действий
Вычислительный	1. Исследование тепловой ММ СО; 2. Оценка адекватности; 3. Определение $R_{\Theta}$ , $\Delta T$ . 4. Выбор унифицированной конструкции СО.
Натурный	1. Исследование физической модели СО; 2. Оценка адекватности; 3. Определение пригодности СО; 4. Выбор унифицированной конструкции СО.
Объединенный	1. Исследование тепловой ММ и физической моделей СО; 2. Оценка адекватности; 3. Определение $R_{\Theta}$ , $\Delta T$ для ММ модели. 4. Определение пригодности физической модели СО; 5. Выбор унифицированной конструкции СО.

Вычислительный вектор это режим когда для исследования используется ММ СО и по результатам исследования осуществляется выбор унифицированной конструкции СО.

При реализации натурального вектора в распоряжении конструктора имеется физический образец СО, т.е. натурная модель, которая и подвергается исследованию с целью определения его пригодности для решения поставленной задачи охлаждения.

И объединенный вектор работы, при котором исследуются обе модели, что позволяет не только провести корректный выбор унифицированной конструкции СО, но и оценить взаимную адекватность моделей.

При любом векторе функционирования методике, на финальном этапе производится следующие действия:

1) На основе данных о корпусе теплонагруженного элемента, ограничивается список возможно применимых унифицированных конструкций СО;

2) Учитывая полученное ранее значение требуемого теплового сопротивления  $R_{\Theta_{Треб.}}$ , которое позволит обеспечить нормальный те-

пловой режим, осуществляется выбор одного или нескольких типов СО удовлетворяющих следующему критерию:

$$R_{\Theta\text{Треб.}} \geq R_{\Theta\text{СО}}, \quad (1)$$

где

$R_{\Theta\text{Треб.}}$  - требуемое тепловое сопротивление СО, обеспечивающее нормальный тепловой режим ЭРЭ;

$R_{\Theta\text{СО}}$  - тепловое сопротивление унифицированной СО.

3) Учитывая дополнительные (не основные) критерии, такие как геометрия СО, ориентация на поверхности печатной платы или РЭС и т.п., осуществляется окончательный выбор СО унифицированной конструкции.

Как видно из изложенного выше, основным критерием выбора унифицированной СО является соотношение (1). Фактически выбор СО происходит, учитывая основной её параметр - тепловое сопротивление ( $R_{\Theta\text{СО}}$ ), значение которого приводится в технической документации СО. Многолетний опыт конструирования теплонагруженных РЭС, показывает, что тепловое сопротивление это универсальная величина, объединяющая в себе такие параметры СО, как эффективная площадь, тепловая проводимость материала и т.д. Дальнейшие испытания методики основанной на учете только  $R_{\Theta\text{СО}}$  доказали возможность решения задачи выбора СО, для элементов РЭС испытывающих заданную тепловую нагрузку и имеющих стандартный корпус. Методика опробована на практике при выборе унифицированной СО для полупроводниковых транзисторов и диодов в стандартных корпусах SOT-93, TO-3, TO-60, TO-63, TO-66, TO-126, TO-218 TO-220, и ряда других.

Одновременно, в результате апробации предложенной методики, проходившей в процессе совершенствования лабораторного стенда описанного в [4], доказано, что методика является адекватной, а результаты её применения воспроизводимыми.

Таким образом, предложенная методика позволяет полностью использовать функциональные возможности современного научно исследовательского оборудования [1,4], в частности объединить в единой проектной среде вычислительный эксперименты, а также автоматизированный выбор унифицированной конструкции СО [5], необходимость в котором обоснованна в работе [2].

## Литература

1. Горячев Н.В. Совершенствование структуры современного информационно-измерительного комплекса / Н.В. Горячев, Н.К. Юрков // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 433-436.

2. Горячев Н.В. Концепция создания автоматизированной системы выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н.В. Горячев, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2010. № 11. С. 171-176.

3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. "Конструир. и произв. радиоаппаратуры". - М.: Высш. шк., 1984. - 247 с.

4. Горячев Н.В. Стенд исследования тепловых полей элементов конструкций РЭС / Н.В. Горячев, И.Д. Граб, А.В. Лысенко, П.Г. Андреев, В.А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2008. Т. 2. С. 162-166.

5. Горячев Н.В. Алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н.В. Горячев // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2012. Т. 2. С. 238-238.

E-MAIL: RA4FOC@YANDEX.RU

E-MAIL: KIPRA@MAIL.RU

E-MAIL: YURKOV\_NK@MAIL.RU