

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ, КОМПОНУЕМОЙ В СТАНДАРТНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

Д. т. н. А. А. Ефименко, к. т. н. В. Е. Трофимов, А. П. Карлангач

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
sasha7725@i.ua

Предложен метод определения тепловых режимов на ранних стадиях проектирования электронной и радиоэлектронной аппаратуры при использовании стандартных несущих конструкций, позволяющий обеспечить заданный тепловой режим в условиях ограниченности исходных данных. Рассмотрен комплекс факторов, обуславливающих принятие оптимальных конструктивных решений.

Ключевые слова: электронная и радиоэлектронная аппаратура, проектирование, электронный модуль, тепловой режим, базовые несущие конструкции.

На ранних стадиях проектирования электронной и радиоэлектронной аппаратуры (ЭРЭА) очень важным является принятие правильных конструктивных решений, обеспечивающих нормальные тепловые режимы. Необходимо это, в первую очередь, для того, чтобы избежать в дальнейшем существенных переработок изделий и приблизиться к оптимальным решениям.

Для реализации таких задач существует множество компьютерных программ инженерного анализа. Например, программа теплового моделирования электронных модулей первого уровня на основе печатных плат FloTHERM CFD Software компании Flomerics [1] или программа Sauna [2], позволяющая моделировать поведение не только печатных узлов, но и блоков, и шкафов. Они позволяют получать достаточно точные данные по обеспечению тепловых режимов разрабатываемой ЭРЭА, однако для их использования требуется конструкторская документация хотя бы на уровне технического проекта, то есть когда уже приняты все схемотехнические и конструктивные решения, требующие значительных временных и материальных затрат. Если при этом полученные результаты существенно отличаются от оптимальных, то может потребоваться переработка принятых решений и конструкторской документации и, опять таки, значительные материальные и временные затраты. Следует отметить, что работа ЭРЭА и в перегруженном режиме, и в необоснованно облегченном (с большой избыточностью) является недопустимой: в первом случае не выполняются требования надежности, а порой, и работоспособности, во втором — затрагиваются экономические вопросы, в т. ч. конкурентоспособности.

На первый взгляд, использование для разрабатываемой аппаратуры стандартных несущих конструкций (НК) должно упростить задачу обеспечения тепловых режимов на ранних стадиях проектирования. Однако достаточно ознакомиться с каталогами фирм-производителей таких НК, например [3], чтобы убедиться в отсутствии каких-либо данных о рассеиваемой ими мощности.

Таким образом, существует актуальная проблема обеспечения тепловых режимов и наработки соответствующих направлений конструкторской реализации проектируемой ЭРЭА на ранних стадиях проектирования с использованием стандартных НК.

Целью настоящей работы является разработка метода определения тепловых режимов на ранних стадиях проектирования ЭРЭА при использовании стандартных несущих конструкций, позволяющего обеспечить заданный тепловой режим в условиях ограниченности исходных данных.

Для обеспечения заданного теплового режима необходимо наработать такие направления конструкторской реализации ЭРЭА, которые в процессе дальнейшей конструкторской разработки изделий позволят получить оптимальные решения без существенных изменений принятых решений в соответствии с предложенным методом.

Для разработки метода следует четко определиться с исходными данными и результатами анализа (выходные данные). При этом исходные данные можно разделить на множество возможных конструктивных решений, внешних дестабилизирующих факторов и различных ограничений в расположении, компоновке и т. д. (рис. 1).

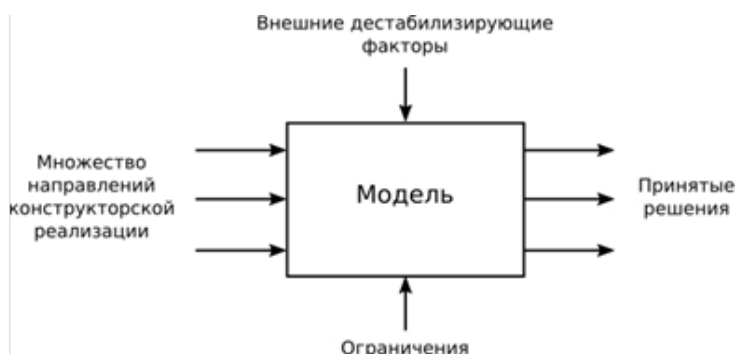


Рис. 1. Исходные данные для принятия решения

Множество направлений конструкторской реализации ЭРЭА

В рассматриваемом случае, когда используются стандартные НК, применяются стандартные конструктивы для построения электронных модулей 1-го, 2-го и 3-го уровней иерархии:

- вставные модули;
- кассеты;
- субблоки, встраиваемые в шкафы и стойки;
- субблоки для установки в стойках открытого типа;
- шасси встраиваемые;
- шасси для стоек открытого типа;
- настольные корпуса;
- настенные корпуса;
- шкафы;
- стойки (шкафы без дверей);
- лабораторные стойки (открытые каркасы).

К этому множеству следует также отнести средства поддержания климата:

- модули вентиляторов встраиваемые;
- кондиционеры;
- теплообменники.

Внешние дестабилизирующие факторы

В рассматриваемом случае таким фактором является температура окружающей среды.

Ограничения

В качестве ограничений следует учитывать такие, которые в значительной степени влияют на теплообменные процессы, а именно:

- положение шкафа (стойки) на объекте размещения;
- положение и ориентация встраиваемых конструктивов внутри шкафа (стойки);
- наличие вентиляционных отверстий;
- положение тепловыделяющих электронных компонентов (только внутри НК, возможность выноса на лицевые или задние панели);
- допустимые виды охлаждения (естественная конвекция, принудительная конвекция, кондиционирование);
- данные по рассеиваемой мощности составляющими устройствами;
- другие исходные данные, такие как компоновочный эскиз разрабатываемого ЭРЭА с указанием выделяемой в виде тепла мощности составляющих устройств по уровням иерархии, дополнительные данные, конкретизирующие конструкцию.

Принятые решения

Принятые решения представляют собой данные по перегреву составляющих устройств, которые позволяют прийти к заключению об их тепловых режимах и всего изделия в целом.

Реализация *Модели* на рис. 1 может происходить в одном из двух вариантов в зависимости от исходных данных. В первом варианте проводится информационно-алгоритмический анализ результатов расчета тепловых режимов отдельных типов устройств без учета их взаимосвязи между собой. Во втором варианте учитываются взаимосвязи и другие данные, определяемые компоновочной схемой и ограничениями. В условиях ограниченных исходных данных алгоритмически реализовать данную *Модель* и получить общие рекомендации по обеспечению теплового режима ЭРЭА позволяет понятие «нагретой зоны» [4, 5] применительно к стандартной НК.

На рис. 2 для наиболее распространенного воздушного охлаждения ЭРЭА показана блок-схема для определения теплового режима. При этом исходными данными для реализации алгоритма служат:

- длина, ширина, высота стандартной НК и входящих в нее конструктивов более низких уровней иерархии;
- мощность рассеяния и значения допустимой температуры тепловыделяющих компонентов, размещаемых в стандартной НК;
- температура окружающей среды.

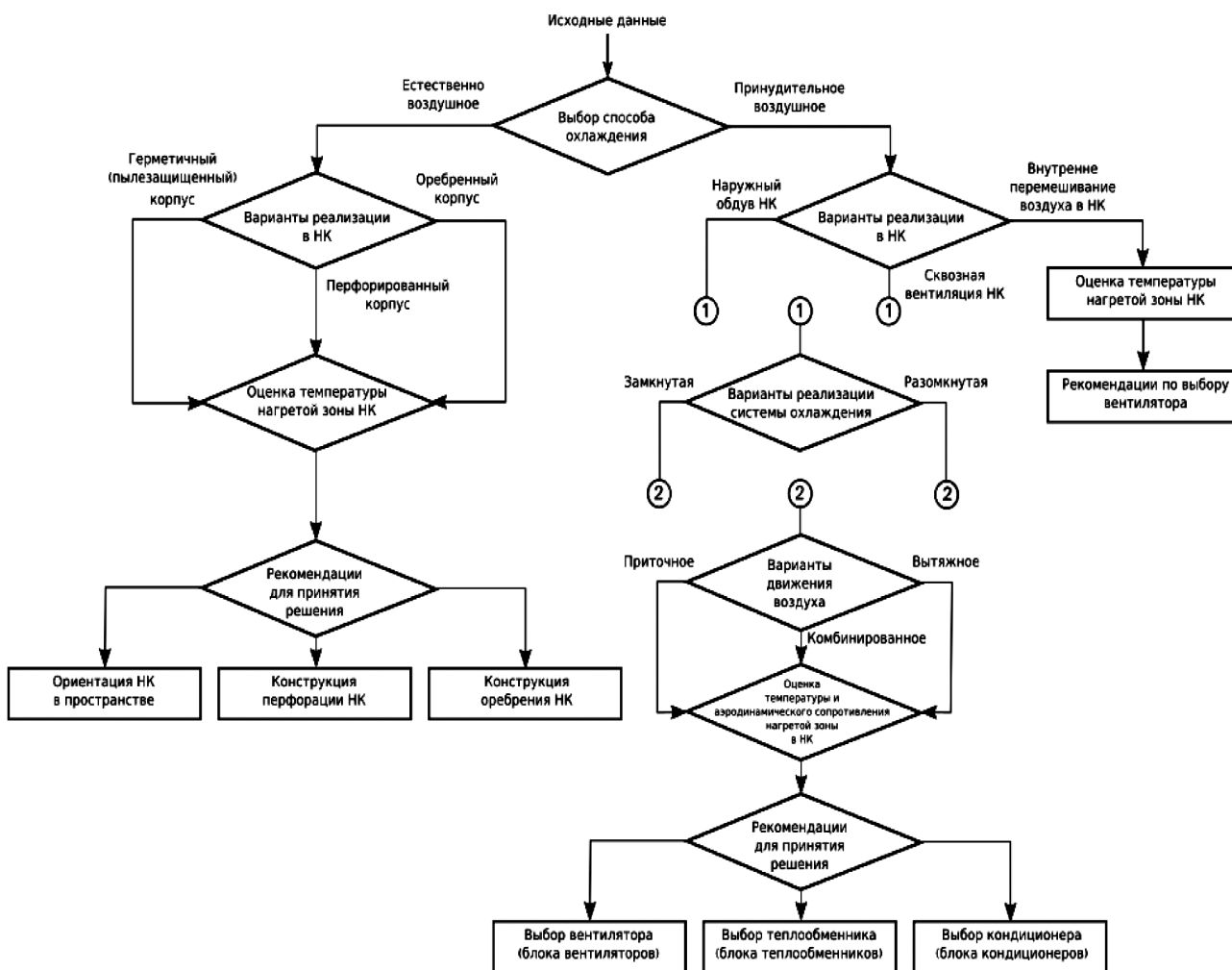


Рис. 2. Блок-схема для определения теплового режима

Как видно из рис. 2, такая реализация *Модели* применительно к стандартной НК позволяет:

- выбрать способ охлаждения: естественное воздушное или принудительное воздушное;
- учесть общие варианты конструкторской реализации в стандартной НК выбранного способа охлаждения;

- получить общие рекомендации для принятия решений относительно выбора характеристик средств обеспечения теплового режима, при которых температура тепловыделяющих элементов в стандартной НК не будет превышать допустимое значение: ориентация НК в пространстве, конструкция перфорации корпуса НК, конструкция ребрения корпуса НК, параметры вентиляторов, теплообменников, кондиционеров и их размещение в НК.

С учетом ограниченных исходных данных на ранних стадиях проектирования и ожидаемого результата в виде общих рекомендаций по обеспечению теплового режима ЭРЭА в разработанном алгоритме для оценки температуры и аэродинамического сопротивления нагретой зоны НК используется коэффициентный метод расчета, в котором искомые величины представляются в виде произведения ряда эмпирических коэффициентов, каждый из которых зависит только от одного параметра и учитывает различные факторы, влияющие на теплообмен НК с окружающей средой [4, 5]. Для воздушного охлаждения важнейшими являются коэффициенты, учитывающие:

- перфорацию корпуса НК;
- ребрение корпуса НК;
- ориентацию НК в пространстве;
- атмосферное давление внутри и вне НК;
- скорость перемешивания воздуха в НК;
- величину расхода воздуха через НК;
- величину площади поперечного к направлению обдува сечения НК;
- длину НК в направлении обдува;
- заполнение НК.

Рассмотренный подход при выборе метода оценки температуры и аэродинамического сопротивления нагретой зоны НК обладает необходимыми для ранних стадий проектирования свойствами, такими как:

- универсальность, т. е. возможность применения метода к разнообразным в конструктивном исполнении НК;

- оперативность, т. е. возможность быстрого получения результата, позволяющего принять решение о необходимости его дальнейшего уточнения, конкретизации и т. д.;

- расхождение между результатами расчета и эксперимента не превышает 25—30% [5], что обуславливается использованием использованием коэффициентов, полученных в результате многочисленных экспериментальных исследований.

Разработанный метод с успехом используется авторами на ранних стадиях проектирования для получения общих рекомендаций по обеспечению теплового режима разнообразных по функциональному назначению ЭРЭА, размещаемых в стандартных НК.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. <https://www.mentor.com/products/mechanical/flotherm/>
2. <http://www.thermalsoftware.com/>
3. <https://schroff.nvent.com/ru/schroff>
4. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах.— Л.: Энергия, 1968.
5. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры.— М.: Сов. Радио, 1976.

A. A. Yefimenko, V. E. Trofimov, A. P. Karlangach

Method for determining thermal conditions of electronic and radio electronic equipment, assembled in standard supporting structures

A method is proposed for determining thermal conditions in the early stages of designing electronic and radioelectronic equipment using standard supporting structures, which makes it possible to ensure a given thermal regime when the initial data is limited. The authors consider the complex of factors influencing the choice of optimal design.

Keywords: electronics, radio electronics, designing, electronic module, thermal management, thermal conditions, mechanical, standard supporting structures.