

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Сивоконь А. В., Лукашеня И. В.

Алексеев В. Ф. – канд. техн. наук, доцент

В современном мире при разработке радиоэлектронной аппаратуры все более часто используются средства автоматизированного производства, которые позволяют ускорить и облегчить работу инженеров, выполняя сложные расчеты, которые до этого приходилось проводить вручную. Однако большинство расчетов, проводящихся на самых ранних этапах проектирования, все еще выполняются без использования САПР.

Однако, для выполнения такого расчета, который позволял бы определить, какой способ охлаждения подойдет для радиоэлектронного устройства на самых ранних этапах проектирования, все еще сложно найти подходящее программное обеспечение. Такой расчет требует множества простых вычислений, поэтому было решено разработать программное средство, которое могло бы автоматизировать этот процесс.

Для выбора способа охлаждения прежде всего требуются следующие данные:

- суммарная мощность P , рассеиваемая в блоке;
- диапазон возможного изменения температуры окружающей среды $T_{c\ max}$, $T_{c\ min}$,
- пределы изменения давления окружающей среды p_{max} , p_{min} ,
- время непрерывной работы t ;
- допустимые температуры элементов T_i .
- Кроме того, необходимо задать коэффициент заполнения аппарата K_z .

Выбор способа охлаждения можно осуществить с помощью графиков, характеризующих области целесообразного применения различных способов охлаждения (рисунок 1) Эти графики построены по результатам обработки статистических данных для реальных конструкций, тепловых расчетов и данных испытания макетов:

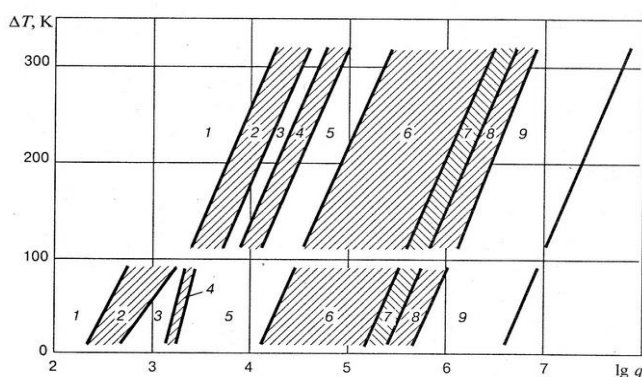


Рисунок 1 - Области целесообразного применения различных способов охлаждения

Основным показателем, определяющим область применения целесообразного способа охлаждения, можно считать плотность теплового потока q , проходящего через поверхность теплообмена. Она зависит от коэффициента атмосферного давления K_p , суммарной рассеиваемой мощности в блоке P и площади поверхности теплообмена S_{Π} . Коэффициент атмосферного давления выбирается в зависимости от разницы давления внутри корпуса (внутри корпуса может быть принудительный наддув) и внешнего давления. Значения коэффициентов атмосферного давления приведены в основном источнике [1]. Высчитывается значение теплового потока по формуле:

$$q = \frac{P \cdot K_p}{S_{\Pi}} \quad (1)$$

Вторым определяющим показателем может служить минимально допустимый перегрев элементов ЭА:

$$\Delta T_{c\ min} = T_{i\ min} - T_c \quad (2)$$

где $T_{i\ min}$ – допустимая температура корпуса наименее теплостойкого элемента по ТЗ, т. е. элемента, для которого допустимая температура имеет минимальное значение;
 T_c – температура окружающей среды.

На рисунке 1 области целесообразного применения различных способов охлаждения приведены в координатах $\Delta T_c, Igq$. Имеется два типа областей: области, в которых можно рекомендовать применение определенного способа охлаждения, и области, в которых с примерно одинаковым успехом можно применять два или три способа охлаждения. Области первого типа не заштрихованы и относятся к следующим способам охлаждения: 1 – естественному воздушному, 3 – принудительному воздушному, 5 – принудительному жидкостному, 9 – принудительному испарительному. Области второго типа заштрихованы и относятся к следующим способам охлаждения: 2 – возможному применению естественного и принудительного воздушного охлаждения, 4 – возможному применению принудительного воздушного и жидкостного охлаждения, 6 – возможному применению принудительного жидкостного и естественного испарительного охлаждения, 7 – возможному применению принудительного жидкостного, принудительного и естественного испарительного охлаждения, 8 – возможному применению естественного и принудительного испарительного охлаждения[1].

Если входе вычислений, выясняется, что предпочтительнее выбрать естественное или принудительное воздушное охлаждение, необходимо еще более точно уточнить, какой способ воздушного охлаждения необходимо выбрать. Возможные типы принудительного воздушного охлаждения бывают:

- в герметичном корпусе с естественным охлаждением и внутренним перемешиванием воздуха;
- в герметичном корпусе с естественным охлаждением и наружным обдувом;
- в перфорированном корпусе с естественным охлаждением;
- с принудительным охлаждением, путем продува воздухом.

При воздушном охлаждении с внешним обдувом или внутренним перемешиванием воздуха важным параметром также является массовый удельный расход (на единицу площади сечения) принудительного движения воздуха W [кг/с·м²]. При охлаждении принудительным продувом воздухом необходимо рассчитывать массовый расход воздуха на единицу рассеиваемой РЭА мощности $g = G/10^{-3}P$.

На рисунках 2-4 приведены графики с вероятностными кривыми для РЭА с различными типами воздушного охлаждения. На этих графиках видно, как влияет расход воздуха, и как следует сместить значения на оси ординат, в зависимости от вышеперечисленных показателей.

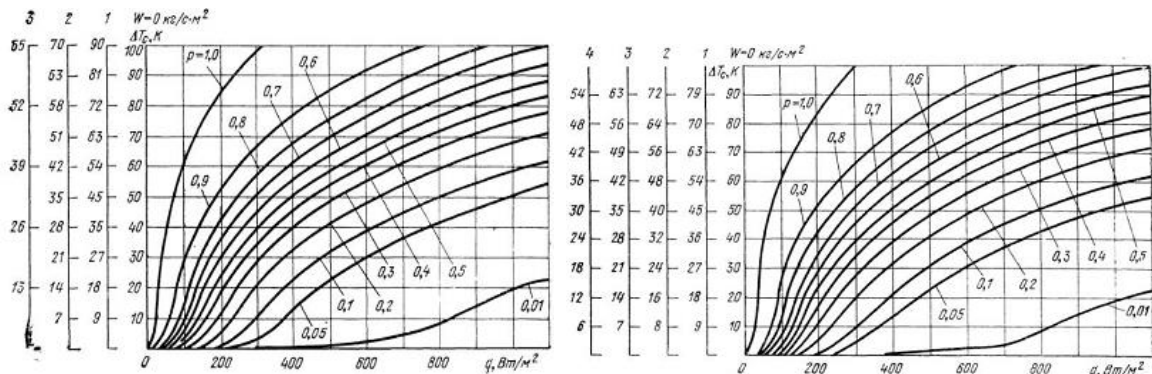


Рисунок 2 - Вероятностные кривые для РЭА в герметичном кожухе с естественным воздушным охлаждением с внутренним перемешиванием и внешним обдувом соответственно

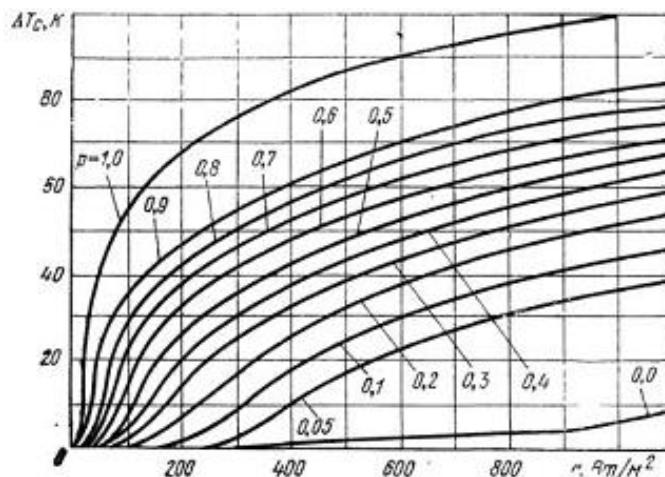


Рисунок 3 - Вероятностные кривые для РЭА с естественным воздушным охлаждением в перфорированном корпусе

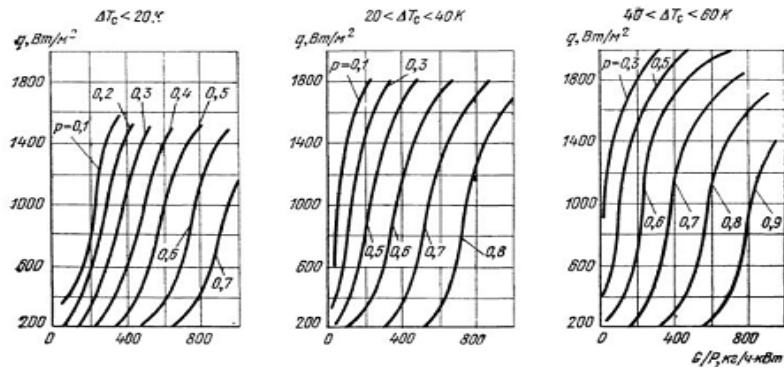


Рисунок 4 - Алгоритм выбора наиболее целесообразного способа охлаждения [1]

Опираясь на вышеизложенный материал, был составлен алгоритм, по которому программа может автоматически произвести необходимые расчеты и определить, какой способ охлаждения наиболее целесообразно использовать.

Алгоритм для блока с выбором наилучшего способа охлаждения представлен на рисунке 4.

Так как атмосферное давление сильно влияет на результаты вычислений, то изначально программа должна отследить, указал ли пользователь, что при проектировании устройства атмосферное давление будет понижено. Если да, то при дальнейших расчетах программа это учтет.

Далее программа определяет, в какую область целесообразного выбора способа охлаждения попадает устройство. График приведен на рисунке 1. После определения номера зоны, программа определит, какому типу охлаждения соответствует номер области.

Если к разрабатываемому устройству по итогу можно применить воздушный тип охлаждения, то начинается исследование, какой из типов воздушного охлаждения наиболее применим. Если же программа присвоила какой-либо другой тип, то она составляет отчет об исследовании и отправляет его пользователю.

Далее идет проверка на обеспечение нормального теплового режима при естественном воздушном охлаждении. Если вероятность обеспечения нормального теплового режима оказывается мала, то далее начинается расчет для каждого из типов принудительного охлаждения, при расчете вероятностей которых будет учитываться коэффициент атмосферного давления, если пользователь указал, что давление не соответствует нормальному. После совершения вышеописанных действий, программа составляет отчет о проделанной работе и отправляет отчет пользователю.

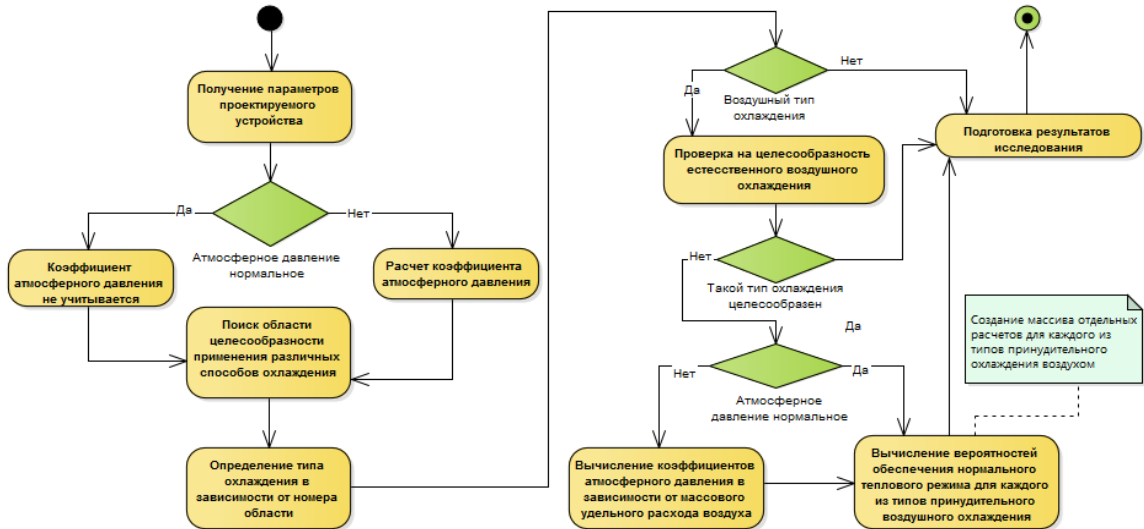


Рисунок 4 - Алгоритм выбора наиболее целесообразного способа охлаждения

Несмотря на свою простоту, алгоритм позволяет экономить много времени при проектировании, так как при расчете вручную, необходимо производить вычисления для каждого из типов охлаждения по отдельности, если зона целесообразности по графику на рисунке 2 или 3 (принудительное воздушное охлаждение).

Использование автоматизированных расчетов является залогом успешного развития проектирования радиоэлектронной аппаратуры.

Список использованных источников:

[1] Роткоп, Л. Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА / Л. Л. Роткоп, Ю. Е. Спокойный. - М.: "Советское радио", 1976. - 52-63с.