

УДК 621.3.036.273:004.942

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРЕБРЕННОГО КАНАЛА ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОМ ВОЗДУШНОМ ОХЛАЖДЕНИИ

К. т. н. Г. Н. Шило, Н. А. Каспирович, Е. В. Огренич, к. т. н. Н. П. Гапоненко

Запорожский национальный технический университет  
Украина, г. Запорожье  
nataly.kaspirovich@gmail.com

*Рассматриваются тепловые процессы в оребренном канале. Разработана тепловая модель и проведены исследования тепловых характеристик в канале с использованием программных систем инженерного анализа. Получены зависимости теплового сопротивления канала от расстояния между ребрами в канале с использованием принудительного охлаждения. Показана возможность оптимизации тепловых характеристик в оребренных каналах.*

*Ключевые слова: оребренный канал, тепловая модель, тепловое сопротивление, принудительное воздушное охлаждение, системы инженерного анализа*

Особенностью мобильной радиоэлектронной аппаратуры является высокое удельное тепловыделение, в результате чего обеспечение теплового режима является одной из основных задач, возникающих при проектировании такой аппаратуры [1]. Чаще всего такие устройства требуют принудительного воздушного охлаждения. Существующие методы проектирования не обеспечивают необходимую точность расчета и характеризуются значительной трудоемкостью и материальными затратами [2]. По этой же причине часто не удается оптимизировать конструкцию электронного аппарата.

Последние годы для задач теплового конструирования электронных аппаратов начали использоваться программные средства инженерного анализа [3]. Уже разработаны подходы для оптимизации конструкций радиаторов и геометрических блоков РЭА [4, 5], но эти подходы и средства пока не использовались для проектирования РЭА с принудительным охлаждением.

Целью работы является исследование тепловых характеристик оребренного канала при принудительном воздушном охлаждении с использованием средств инженерного анализа.

Для решения этой задачи создана модель теплового канала, которая может применяться при создании радиотехнических систем. В тепловой модели учитывались технологические ограничения по высоте и количеству ребер. Учитывалось также, что коэффициент теплопроводности материала не зависит от температуры. Нагрузка задавалась равномерной на все сечения канала, размеры всех ребер и межреберные расстояния изменялись одновременно.

Геометрия исследуемого оребренного канала показана на рис. 1, где  $d_p$  — толщина основания канала;  $l_p$  — расстояние между ребрами;  $d_r$  — ширина ребра;  $l_r$  — высота ребра.

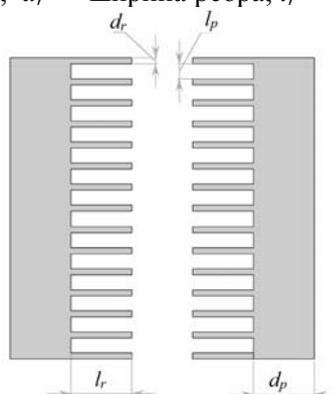


Рис. 1. Геометрия исследуемого оребренного канала

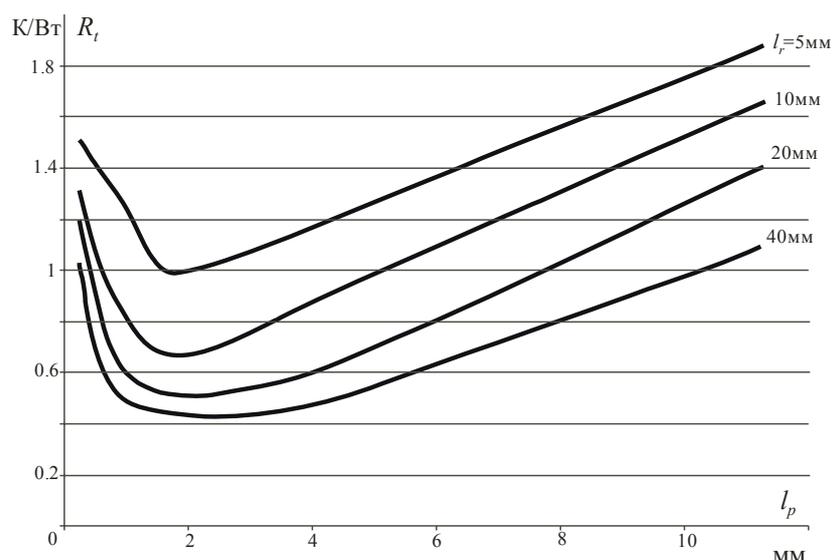


Рис. 2. Зависимость максимального теплового сопротивления канала  $R_t$  от расстояния между ребрами  $l_p$  при их различной высоте  $l_r$

Исследовались тепловые и нагрузочные характеристики теплового канала. Мощность источников тепла поддерживалась постоянной, не изменялись также толщина основания устройств и его длина. При максимальном расходе скорость воздуха в канале между ребрами не превышала допустимой. Анализировались зависимости максимального значения температуры теплоотвода при изменении размеров оребрения. Полученные тепловые характеристики показаны на рис. 2.

Результаты и предложенная методика могут быть использованы для тепловой оптимизации радиоэлектронной аппаратуры.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ненашев А. П. – Конструирование радиоэлектронных средств.— Москва: Высш.шк., 1990.
2. Drofenik U., Kolar J. W. Analyzing the Theoretical Limits of Forced Air-Cooling by Employing Advanced Composite Materials with Thermal Conductivities  $> 400\text{W/mK}$  // Proceedings of the 4th Int. Conf. on Integrated Power Systems (CIPS'06).— Naples, Italy, 2006.
3. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation.— Москва: ДМК Пресс, 2010.— 464с.
4. Шило Г. Н., Гапоненко Н. П., Огренич Е. В. Проектирование радиаторов с оптимальными массогабаритными параметрами // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2011.— № 1—2.— С. 30—33.
5. Гапоненко Н. П., Сиротюк О. В., Огренич Е. В. и др. Оптимизация объема герметичных блоков радиоэлектронной аппаратуры // Прикладная радиоэлектроника.— 2012.— Т. 11.— № 3.— С. 155—158.

G. N. Shilo, N. A. Kaspirovich, E. V. Ogrenich, N. P. Gaponenko

#### Research on thermal characteristics of ribbed channel for forced air cooling.

The heat process in the ribbed channel is considered. The heat model has been created and the research on the thermal characteristics in the channel using computer aided engineering systems has been conducted. The dependence of channel thermal resistance from distance between ribs has been received. The possibility of the heat description optimization in the ribbed channel is shown.

Keywords: *ribbed channel, heat model, thermal resistance, forced air cooling, computer-aided engineering system.*