

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЯ ОХЛАДИТЕЛЯ И ТЕПЛООБМЕНА В ПОРИСТЫХ КОМПАКТНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА FLOWVISION

Шматов Д.П., аспирант, Коновалов Д.А., к.т.н., Кожухов Н.Н., к.т.н.,
Дахин С.В., к.т.н., доцент, Дроздов И.Г., д.т.н., доцент
ГОУВПО «Воронежский Государственный Технический Университет», Воронеж, Россия

Введение

Настоящее и будущее электронной аппаратуры связано с использованием больших мощностей при сравнительно малых объемах. Для современной аппаратуры плотность теплового потока достигает до 100 Вт/см^2 и более, который следует отводить надежной системой охлаждения с габаритно-массовыми характеристиками соизмеримой с данным устройством.

Принципиально выделяют два способа охлаждения радиоэлектронной аппаратуры – это естественное (пассивное) либо принудительное (активное) охлаждение.

Естественное охлаждение является наиболее надежным и дешевым способом, возможным при небольших удельных тепловых потоках. Как правило, размеры тепловыделяющих элементов электронной аппаратуры слишком малы, чтобы обеспечить необходимый теплоотвод со своей поверхности, поэтому корпуса электронных приборов прикрепляют к радиатору, который многократно увеличивает площадь поверхности теплообмена.

Наиболее распространенным из активных способов охлаждения элементов является воздушное охлаждение, при котором радиатор и вентилятор совмещают в одном моноблоке (кулере), который устанавливается на охлаждаемое устройство.

Применение специальной конструкции – матричного или пластинчатого теплообменника позволяет значительно повысить прочностные характеристики аппарата и снизить гидравлические потери. Особенно часто подобные конструкции появляются в системах охлаждения электронной аппаратуры.

Для интенсификации теплоотвода от поверхности тепловыделяющего элемента могут применяться термоэлектроохладители, действие которых основано на эффекте Пельтье. Для достижения большой разности температуры на элемент Пельтье необходимо устанавливать более громоздкие радиаторы и высокопроизводительные вентиляторы.

Также к числу принудительных систем охлаждения можно отнести устройства на базе машины Стирлинга на примере микрокриогенной системы для глубокого охлаждения электронных компонентов, в частности системных плат (MSI).

Как показывают исследования, в последнее время в мире проводятся обширные целенаправленные работы по разработке и совершенствованию тепловых труб. Перспективным направлением представляется применение контурных тепловых труб.

При больших тепловых потоках и крайней стесненности рабочего пространства в ряде случаев не удастся добиться приемлемой температуры охлаждаемой поверхности с помощью описанных выше систем, из-за низкой теплопроводности воздуха. Существенно лучше с такой задачей справляются системы с рабочим телом – жидкостью.

Интересным направлением развития данных систем охлаждения является применение микроканальных теплообменников. В работе [1] изложены результаты исследования процессов теплообмена и гидродинамики в каналах микротеплообменников и дан анализ [2] диапазонов применения различных типов охладителей (рис. 1).

Одним из перспективных и эффективных способов интенсификации теплообменных процессов является использование в теплообменных устройствах пористых материалов. Широкий диапазон свойств и высокая интенсивность теплообмена — все это дает возможность использовать пористые теплообменные элементы в различных экстремальных условиях.

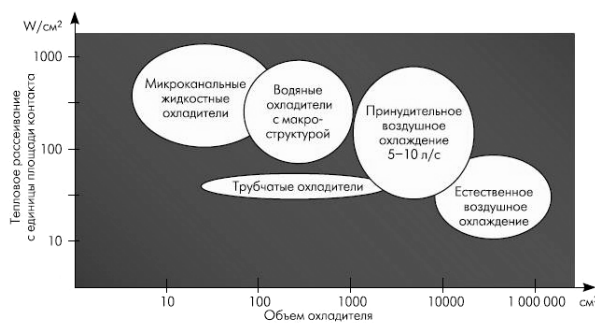


Рис. 1. Зависимость максимального тепловыделения от типа теплообменника и объема охладителя в системе.

Численное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена с применением FlowVision

Авторами в ходе решения задачи по разработке компактного теплообменника, имеющего высокую тепловую эффективность, была предложена конструкция пористого теплообменного аппарата (рис. 2) с межканальной транспирацией охладителя [3].

Численное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена в пористом теплообменном аппарате проводилось с использованием программного комплекса [FlowVision](#).

Были произведены расчеты по определению оптимального размера пористого ребра компактного теплообменника представленного на рис. 2. Изменялась высота ребра, и определялось оптимальное соотношение «гидродинамика охладителя - требуемый теплосъем».

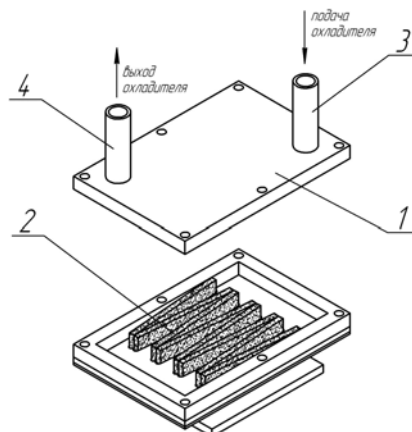


Рис. 2. Пористый теплообменный аппарат: 1 – корпус; 2 – пористые вставки; 3 - штуцер входа охладителя; 4 – штуцер выхода охладителя

Параметры используемые в расчетной модели: материал каркаса - титан; пористость – 0.4; плотность каркаса – 4540 кг/м^3 ; объемный коэффициент теплообмена – $10^8 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$; эффективная теплопроводность – $21 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; вязкостный коэффициент сопротивления $D - 10^{10} \text{ м}^{-2}$; инерционный коэффициент сопротивления $E - 10^5 \text{ м}^{-1}$; температура охладителя на входе – $75 \text{ }^\circ\text{C}$; температура поверхности нагрева – $110 \text{ }^\circ\text{C}$; на боковых поверхностях задано условие адиабатичности; высота пористого ребра принималась равной 2 и 3 мм; скорость охладителя на входе – 7.5 и 5 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

При расчете использовалась однотемпературная модель.

Граничные условия для расчетной модели представлены на рис.3.

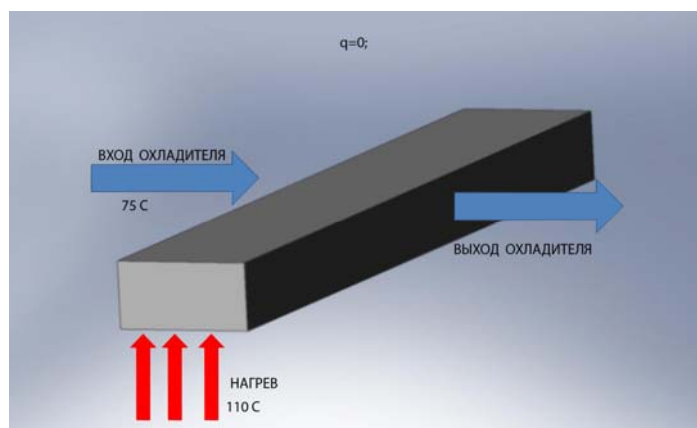


Рис. 3. Граничные условия при постановке задачи

По результатам расчетов смоделированы поля скоростей, давлений и температур (рис. 4-7).

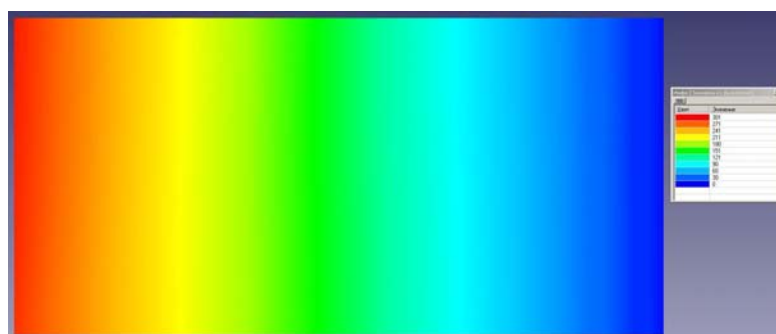


Рис. 4. Поле давления в пористом ребре высотой 3 мм

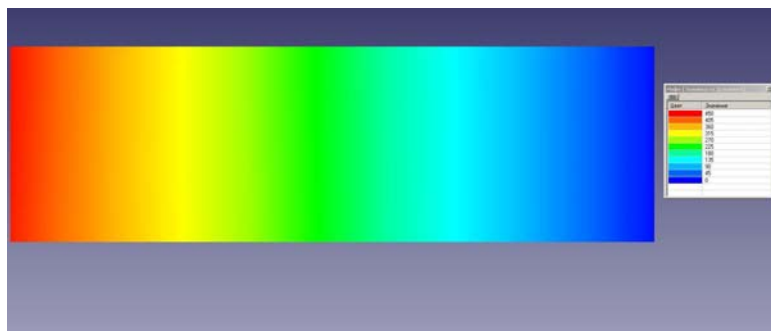


Рис. 5. Поле давления в пористом ребре высотой 2 мм

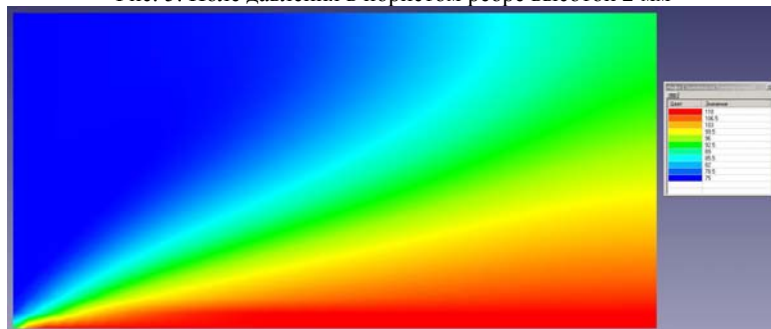


Рис. 6. Поле температур охладителя в пористом ребре высотой 3 мм

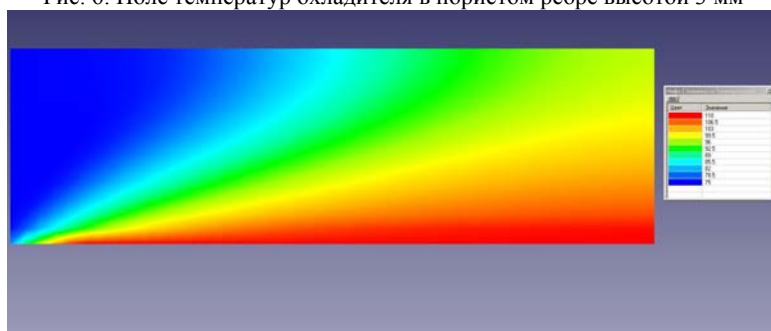


Рис. 7. Поле температур охладителя в пористом ребре высотой 2 мм

Расчеты показали, что пористое ребро высотой 2 мм имеет перепад давления 450 Па и обеспечивает теплосъем 30 Вт/см^2 , в то время как ребро высотой 3 мм имеет перепад 300 Па и теплосъем 24 Вт/см^2 . В результате определено, что оптимальным является использование ребра высотой 2 мм, что позволяет обеспечить требуемый теплосъем при удовлетворительном гидравлическом сопротивлении пористого теплообменника.

Список литературы

1. Е.В. Дилевская, С.И. Каськов, Ю.А. Шевич, И.В. Станкевич Теплообмен и гидродинамика в каналах противоточных микротеплообменников различных конструкций / Тр. Четвертой Российской национальной конференции по теплообмену. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. Т. 6. С. 207-210.
2. Шульц-Хардер Д-р Юрген, С. Валев В поисках идеального решения: жидкостное охлаждение в современных компактных корпусах высокой мощности / Силовая электроника, 2005. №3. С. 92-95.
3. Дроздов И.Г., Кожухов Н.Н., Коновалов Д.А., Мозговой Н.В., Шматов Д.П. Устройство охлаждения для электронных компонентов. Патент на полезную модель № 58788 от 24.04.2006.