

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 537.6

КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕРМОСИФОНА

Бруверис М. Ю., Борисюк Р. С.

Научный руководитель – Хорунжий И. А., к. ф-м.н., доцент

В настоящее время актуальной является проблема отведения тепловых потоков высокой плотности порядка 100 Вт/см^2 от областей малого размера. Используемые в настоящее время ребрѐнные или штыревые радиаторы с принудительной конвекцией, изготовленные из меди или алюминия практически достигли своей предельной эффективности и не могут обеспечить отведение тепловых потоков высокой плотности [1]. С этой задачей успешно справляются тепловые трубки и термосифоны.

Для начала отметим отличия между понятиями тепловая трубка и термосифон. Термосифон – это герметичная ёмкость из теплопроводящего материала, из которой удален воздух. Благодаря отсутствию воздуха рабочая жидкость внутри ёмкости легче закипает, а её пары не испытывают сопротивления при распространении по объѐму сосуда, как следствие, тепло отводится эффективнее. Перенос тепла происходит за счет того, что жидкость испаряется на горячем конце трубки (зона теплосъѐма), конденсируется на холодном (зона теплоотдачи) и перемещается обратно.

У термосифонов есть недостаток – невозможность отвода тепла в положении, когда зона теплосъѐма находится ниже зоны теплоотдачи. С этой проблемой успешно справляются тепловые трубки. Тепловая трубка – это элемент системы охлаждения с созданной внутри капиллярной структурой (фитилем, керамикой и т. п.), который может работать в любом положении, поскольку жидкость возвращается в зону испарения под действием капиллярных сил, а сила тяжести в этом процессе играет незначительную роль. Материалы и хладагенты для тепловых трубок и термосифонов выбираются в зависимости от условий применения: от жидкого гелия для сверхнизких температур до ртути и индия для высокотемпературных применений. Однако большинство современных тепловых трубок используют в качестве рабочей жидкости аммиак, воду, метанол и этанол.

Целью данной работы было определение эффективного коэффициента теплопроводности термосифона путем сравнения экспериментальных данных и результатов компьютерного моделирования. Для проведения экспериментальных исследований был изготовлен термосифон из медной трубы длиной 1 метр, диаметром 28 мм, с толщиной стенок 1 мм. Значительная часть термосифона покрывалась теплоизоляцией, что

упрощало проведение компьютерного моделирования в дальнейшем. Один конец термосифона был герметично запаян, на другом конце трубки был размещен шаровой кран, через который термосифон заправлялся рабочей жидкостью. В качестве рабочей жидкости использовались вода или ацетона. Эксперимент заключался в том, что нижний участок термосифона погружался в кипящую воду, на верхнем конце термосифона регистрировалась температура с помощью термодпары. В результате была получена зависимость изменения температуры от времени. Во время опытов использовались различные объемы жидкостей, что позволило определить количество жидкости, при котором тепловые потоки отводились наиболее эффективно.

Для проведения компьютерного моделирования вышеописанного термосифона использовался программный комплекс ABAQUS. В программе была разработана модель термосифона, которая представляет собой сплошной стержень, геометрические размеры которого совпадают с размерами реального термосифона. В начале моделирования температура термосифона задавалась равной температуре окружающей среды. Затем в зоне теплосъёма, которая погружалась в жидкость, задавались граничные условия температуры, равной температуре кипения воды (рис.1). После чего отслеживалась динамика изменения температуры в зоне теплоотдачи.

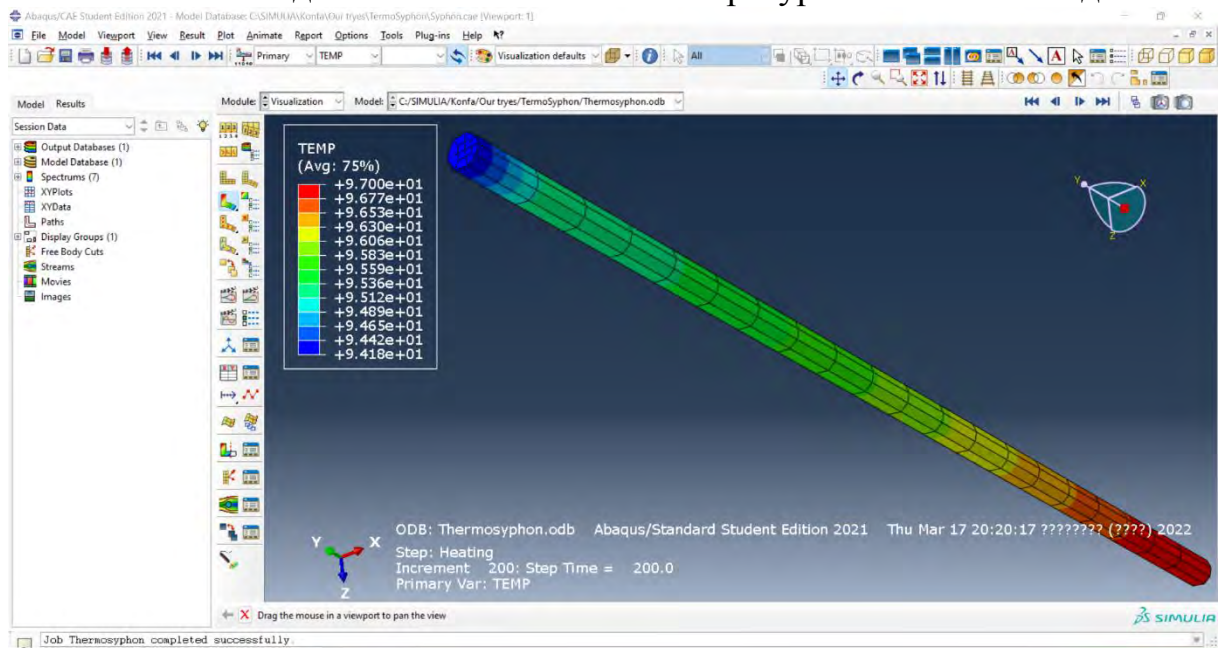


Рис.1. Компьютерная модель термосифона в программе ABAQUS CAE

В процессе моделирования подбирался такой коэффициент теплопроводности, чтобы результаты совпадали с экспериментальными. Затем с помощью программы ORIGIN были построены графики изменения температуры в зависимости от времени по полученным результатам

моделирования и эксперимента (рис.2). По результатам работы эффективный коэффициент теплопроводности термосифона составил 7800 Вт/см^2 для воды и 6600 Вт/см^2 для ацетона, что выше теплопроводности алмаза примерно в 3,8 и 3,2 раза соответственно.

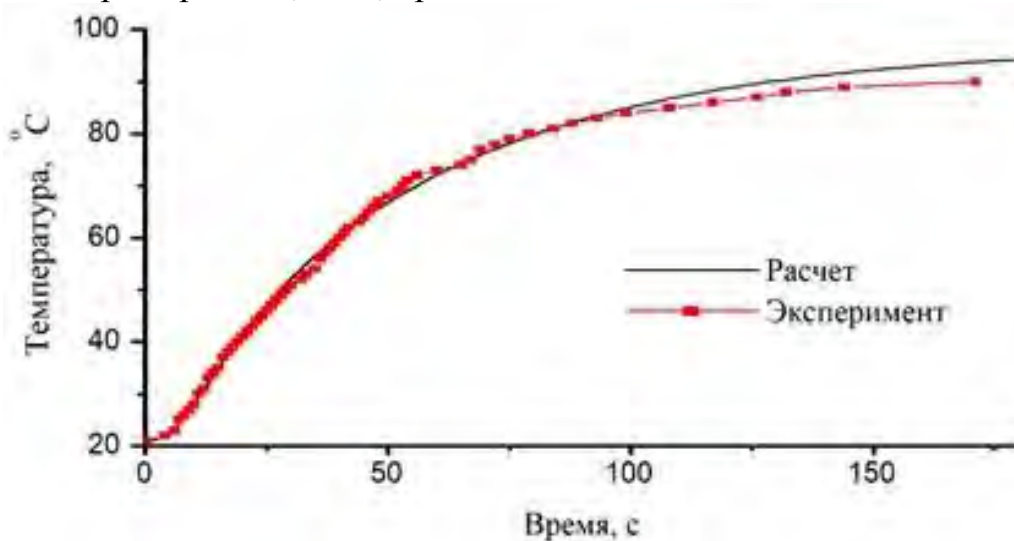


Рис.2. График температурной зависимости, построенный на основе смоделированных результатов для рабочей жидкости вода

Знание эффективного коэффициента теплопроводности термосифона для определенного вида хладагента позволит проектировать системы охлаждения различных объектов с большей точностью, что может найти широкое применение, в частности, в микроэлектронике и компьютерной технике для охлаждения чипсетов микропроцессоров в ноутбуках, ДАТА-центрах, солнечной энергетике. Особенностью работы термосифона и тепловых трубок являются бесшумность и отсутствие подвижных частей, что даёт преимущество перед системами с принудительным охлаждением.

Важным является применение тепловых трубок в космонавтике: в этой сфере необходимо при максимальной простоте конструкции обеспечить быструю скорость отвода тепла от нагреваемых элементов. Поэтому тепловые трубки для космических аппаратов в настоящее время стараются изготавливать из графена, теплопроводность которого составляет 3-5 кВт/м·К, а меди – 400 Вт/м·К, что даёт рост эффективности отвода тепла до 3,5 раз.

Литература

1 Мухамбетов А.М., Рыбаков И.М., Горячев Н.В. Классификация систем охлаждения на основе конструктивных особенностей охлаждаемого элемента //Труды XXI-го международного симпозиума “Надежность и качество”, Т.2. – Пенза, 2016. С. 59 – 61.