

## Повышение теплопередающей способности тепловой трубы в условиях неблагоприятного влияния сил тяжести

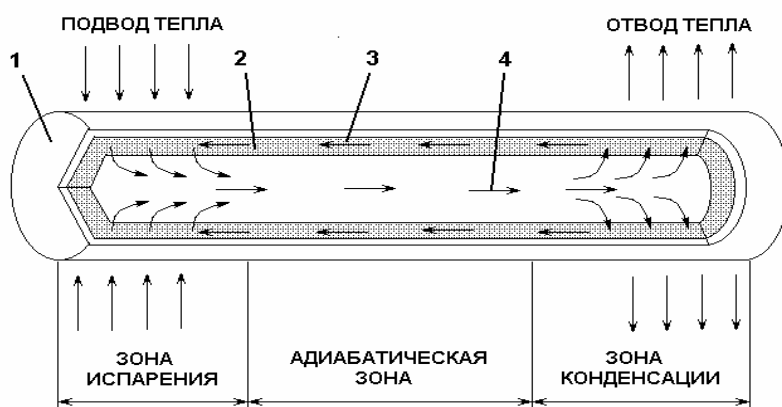
Студент гр. 104615 Реутенок Ю.А.  
 Научный руководитель – Мазюк В.В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Целью настоящей работы является повышение теплопередающей способности тепловой трубы с порошковой капиллярной структурой в условиях неблагоприятного влияния сил тяжести на возврат жидкого теплоносителя из зоны конденсации, расположенной ниже зоны испарения.

Тепловая труба (ТТ) представляет собой пассивное герметичное двухфазное теплопередающее устройство, работающее по принципу замкнутого испарительно-конденсационного цикла и способное передавать большие количества тепла при минимальном температурном перепаде.

ТТ в общем случае состоит из трех секций, или зон: зона испарения, адиабатическая зона и зона транспорта (рисунок 1).

Тепло подводится к зоне испарения, вследствие чего рабочая жидкость, находящаяся в равновесии с паром, испаряется. Под действием перепада давления между «горячей» зоной испарения и «холодной» зоной конденсации пар перетекает в зону конденсации и здесь конденсируется. При фазовом переходе жидкость поглощает или, соответственно, выделяет скрытую теплоту испарения. По порошковой капиллярной структуре (КС) жидкость возвращается из зоны конденсации в зону испарения под действием капиллярных сил.



1 – корпус ТТ; 2 – капиллярная структура; 3 – жидкий теплоноситель; 4 – пар  
 Рисунок 1 - Схема работы тепловой трубы

Компонентами традиционной ТТ являются корпус, обычно металлический (могут использоваться также стекло или керамика); небольшое количество рабочей жидкости, определяющей рабочий диапазон температур; КС.

При выборе КС следует исходить из комплексной оценки таких ее качеств, как транспортные свойства по отношению к тепло- и массопереносу, надежность, технологичность изготовления. К транспортным свойствам КС относятся, также эффективная теплопроводность и способность к передаче тепла в радиальном направлении без наступления кризиса (перегрев стенки, резкое повышение термического сопротивления тепловой трубы).

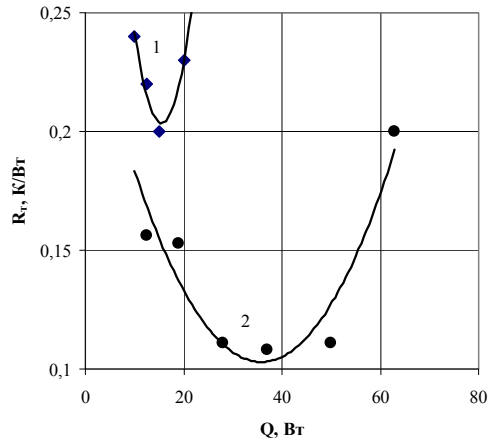
Основными теплопередающими характеристиками ТТ с порошковой КС являются максимальная теплопередающая способность и тепловое сопротивление.

Для получения лучших эксплуатационных свойств в условиях неблагоприятного действия сил тяжести были разработаны ТТ с неоднородной (многослойной) структурой.

Рассмотрим ТТ, имеющую КС, которая состоит из  $N$  слоев, образованных различными фракциями порошка. Каждый слой имеет фиксированный размер пор  $d_i$ ; соответствующее значение капиллярной проницаемости  $k_i$ . Очевидно, для того, чтобы полностью использовать транспортные способности каждого слоя КС и получить наивысшую теплопередающую способность ТТ, необходимо обеспечить максимально возможный перепад капиллярного давления на каждом слое. Это означает, что кривизна менисков на верхней границе каждого слоя должна быть максимально возможной для данной фракции порошка, т. е. капиллярное давление на верхней границе  $i$ -го слоя должно быть равно:

$$p_i = \frac{4\sigma \cos \Theta}{d_i}.$$

На рисунке 2 приведены результаты экспериментального исследования теплопередающих характеристик двух ТТ диаметром 10 мм (толщина стенки 1 мм): с однородной КС и с оптимизированной четырехслойной КС. Длина зоны конденсации 150 мм, длина зоны испарения 160 мм, общая длина ТТ 438 мм, расположение вертикальное (зона испарения вверху). Из представленных зависимостей можно определить критическую мощность нагрева. Как видно, предельная теплопередающая способность многослойной ТТ в условиях противодействия силы тяжести в два раза больше, чем однородной. По термическому сопротивлению, как следует из рисунка 2, ТТ с многослойной оптимизированной порошковой КС также значительно превосходит ТТ традиционной конструкции.



1 – однородная КС; 2 – четырехслойная КС

Рисунок 2 – Зависимость термического сопротивления вертикально ориентированных ТТ от передаваемой мощности