

ПРИМЕНЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ В КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

С.М. Асотов, В.В. Климаков

Рязанский государственный радиотехнический университет

В США для обогрева помещений и горячего водоснабжения расходуется до 25% производимой в стране энергии. В России, где климат суровее, эта доля существенно выше. Использование солнечной энергии – относительно простой и достаточно экономический выгодный путь решения указанной проблемы.

Одним из распространенных подходов к улавливанию солнечного излучения является применение различного вида коллекторов, в которых происходит преобразование поглощенной энергии в тепловую с последующим нагревом того или иного теплоносителя. Чаще всего они применяются для отопления и охлаждения промышленных и бытовых помещений, для горячего водоснабжения производственных процессов и бытовых нужд, для обогрева бассейнов, для питания холодильников, для работы двигателей и насосов, для опреснения воды и выработки электроэнергии.

Существует большое разнообразие вариантов исполнения солнечного коллектора. Вакуумный солнечный коллектор представляет собой простое устройство, состоящее из прозрачной вакуумной колбы, с нанесенным адсорбирующим и отражающим слоем на ее внутренней стенке. Для обеспечения связи с баком напорной сети, контура водоснабжения, в конструкцию вводят тепловую трубу. Основными преимуществами такого подхода являются:

1. более низкие теплотери коллектора;
2. работоспособность в холодное время года (до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$);
3. способность генерировать высокие температуры и тем самым обеззараживать воду;
4. возможность длительной работы в течение суток;
5. низкая парусность;
6. простота монтажа.

Однако у всех конструкций солнечных коллекторов есть общий недостаток – это ограниченный угол их установки (типичный предельный угол установки 20°). На величину значений угла установки с одной стороны влияет угол падения солнечных лучей, а с другой сама конструкция коллектора.

Рассмотрев различные виды солнечных коллекторов, было принято разработать конструкции, главным элементом которой будет являться артериальная тепловая труба. Такое решение является дальнейшим развитием конструкции вакуумных коллекторов, которое расширит диапазон угла установки коллектора и позволит эффективней и быстрее передавать тепловую мощность.

Предлагаемая конструкция солнечного коллектора с тепловой трубой на основе артериальной капиллярной структуры приведена на рис. 1.

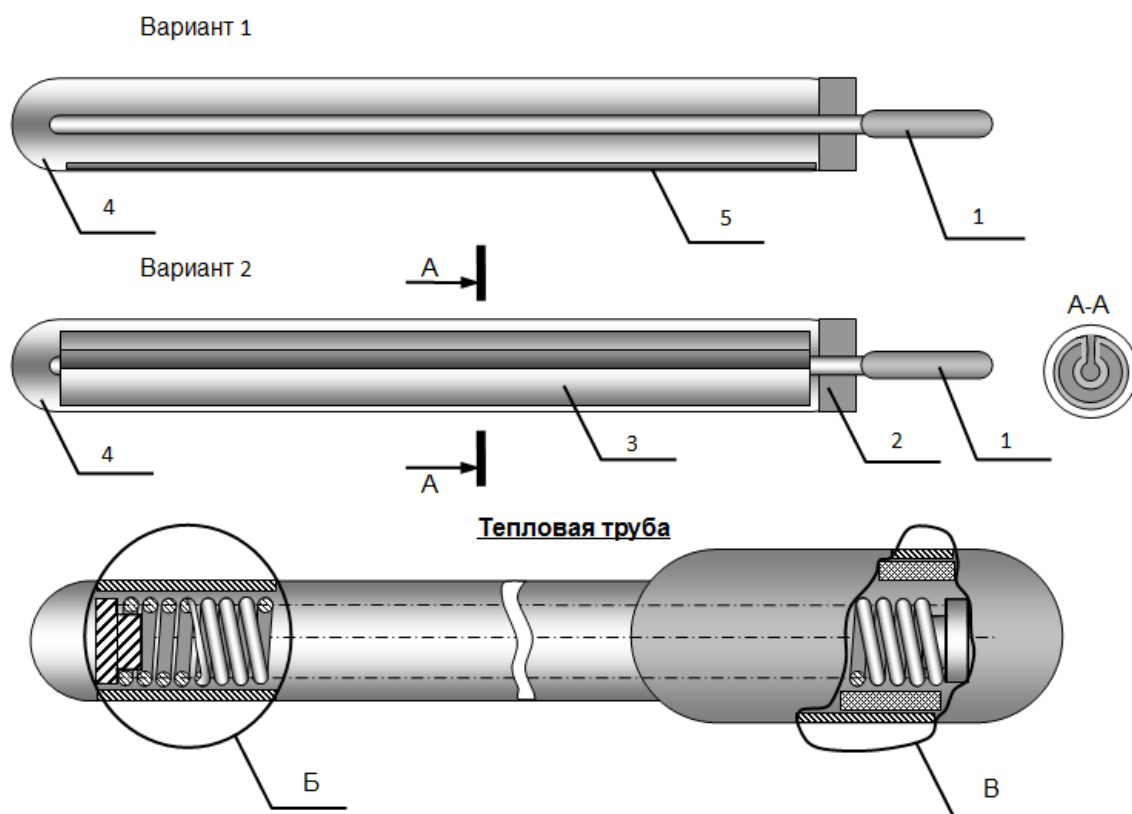


Рисунок 1 – Основные элементы конструкции теплового коллектора с тепловой трубой в виде артерии: 1 – тепловая труба, 2 – заглушка, 3 – пластина поглотителя, 4 – стеклянная колба, 5 – адсорбционный слой

Максимальная мощность, передаваемая тепловой трубой с артериальной капиллярной структурой может быть рассчитана по соотношению [1]:

$$Q(d) = \frac{(4\sigma(T) \cdot d^3 \cdot \cos(\theta) + \rho(T) \cdot g \cdot l \cdot d^4 \cdot \sin(\varphi)) \cdot (\pi \cdot \rho(T) \cdot L(T) \cdot N)}{128 \cdot \mu(T) \cdot l}, \quad (1)$$

где $\mu(T)$, $\rho(T)$, $L(T)$, $\sigma(T)$ – теплофизические параметры легкокипящей жидкости, d – диаметр артерий, l – длина тепловой трубы, N – количество артерий.

Теоретическая зависимость, отражающая свойства спиральной артериальной капиллярной структуры [2] тепловой трубы, рассчитанная по соотношению (1) для теплоносителя ацетон, приведена на рис. 2. Характер полученного графика отражает монотонность зависимости мощности в рабочем диапазоне температур -40 до +100 °С.

Обоснован выбор геометрических параметров тепловой трубы на основе соответствующих инженерных расчетов. Проведен анализ применения артерий и гомогенных капиллярных структур.

Графики, отражающие зависимость передаваемой мощности от угла наклона тепловой трубы, от температуры теплоносителя, от количества артерий, от диаметра артерий приведены на рис. 3 и 4.

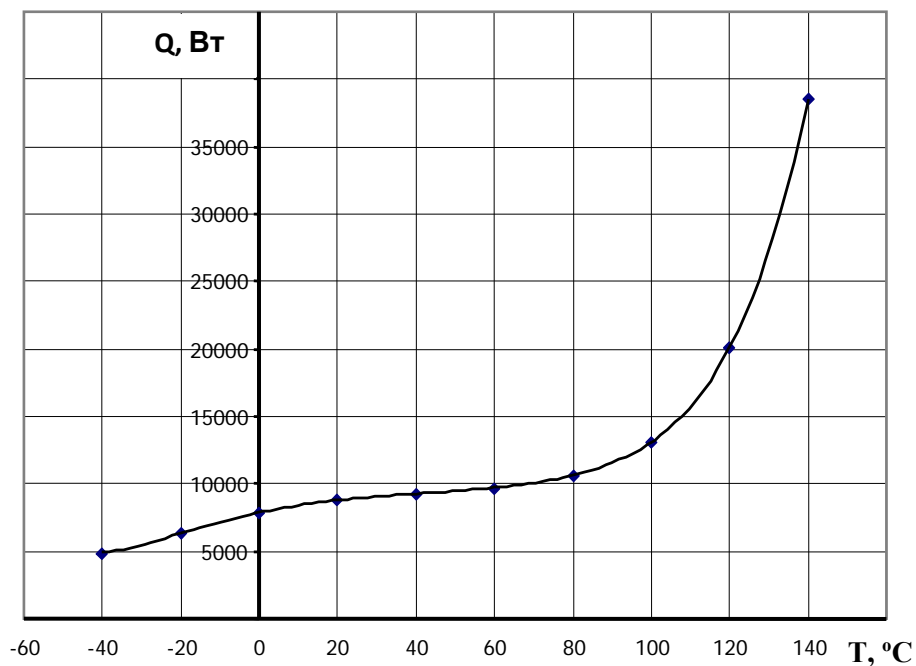


Рисунок 2– Зависимость передаваемой мощности от температуры для артериальной тепловой трубы (длина тепловой трубы $l = 0.75$ м, диаметр артерии $d = 2$ мм, теплоноситель ацетон)

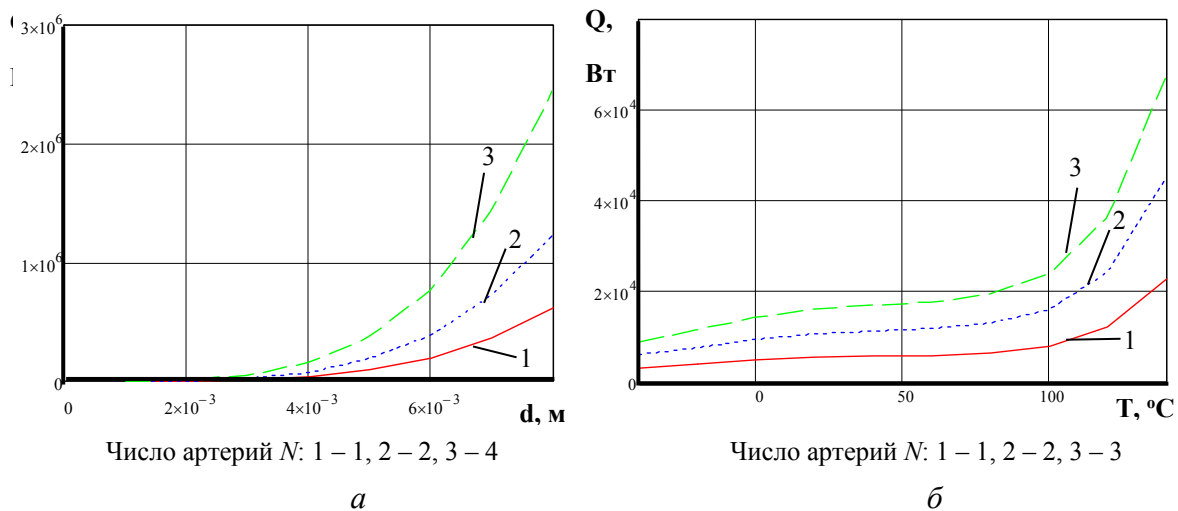


Рисунок 3 – Зависимость передаваемой мощности q от диаметра артерии d при разном количестве артерий и от температуры t при разном количестве артерий и значении $d = 2.5 \cdot 10^{-3}$ м, (теплоноситель ацетон)

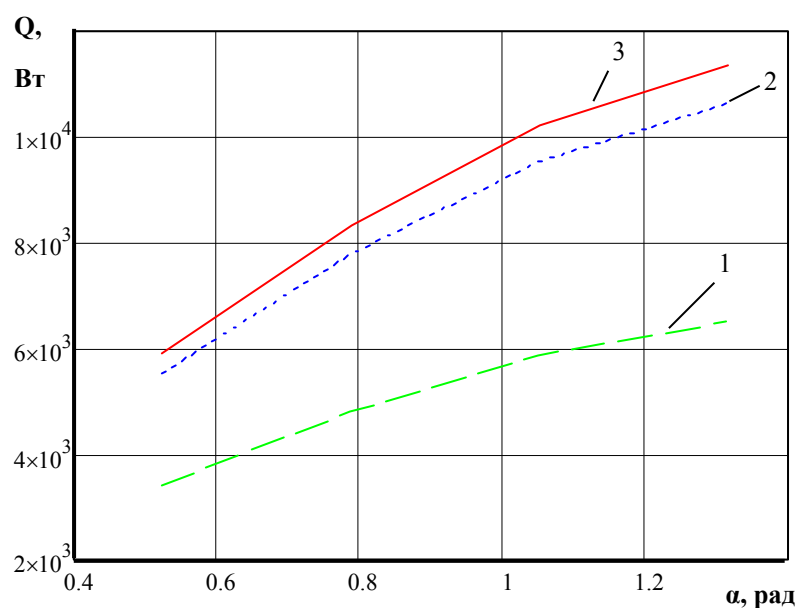


Рисунок 4 – Зависимость передаваемой мощности от угла наклона тепловой трубы α (угла установки теплового коллектора) при различных значениях температуры T , °С:
 1 – -30, 2 – 30, 3 – 60 (теплоноситель ацетон)

На основании полученных данных предложена конструкция теплового коллектора и способ размещения капиллярной структуры в корпусе тепловой трубы.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. установлена зависимость мощности, падающей на поверхность теплообмена от угла установки коллектора, зависящая от дневного часа и даты;
2. в случае применения в качестве капиллярной структуры сетки для тепловой трубы длиной 0.75 м оптимальным диаметром проволоки и ячейки сетки является $7.48 \cdot 10^{-4}$ м;
3. капиллярная структура на основе артерии расширит возможность установки коллектора (угол α) и позволит эффективней и быстрее передавать тепловую мощность в основной контур системы водоснабжения.

Список используемых источников

1. Дан П.Д. Тепловые трубы: пер. с англ. / П.Д. Дан, Д.А. Рей. – М.: Энергия, 1979. – 272 с.
2. Klimakov V.V., Ulitenko A.I., Chirkin M.V., Molchanov A.V. Serpentine loop heat pipe meant for heat rejection from moving objects // Proceedings of Second International Conference “Heat Pipes for Space Application” (2HPSA), Moscow, September 15-19, 2014, R1.7, pp.1-6.