

УДК 532.5

## НАНОЖИДКОСТЬ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

### NANOFLUID AS AN EFFICIENT SOLAR PANEL COOLING SYSTEM

Я.Н. Старостенков

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Ya. Starostentov

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** В статье проведена сравнительная характеристика методов охлаждения солнечной панели. Описан химический состав наножидкости. Смоделирована система охлаждения для наножидкости.

**Abstract:** The article presents a comparative characteristic of solar panel cooling methods. The chemical composition of the nanofluid is described. A cooling system for nanofluid has been modeled.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, система охлаждения, наножидкость, химический состав, эффективность.

**Keywords:** solar energy, cooling system, nanofluid, chemical composition, efficiency.

#### Введение

Солнечные панели в период функционирования подвергаются различным внешним факторам. Основным фактором, приводящим к постепенному снижению КПД солнечной батареи и выгоранию фотоэлектрических ячеек является высокий показатель температуры летом. В связи с этим создаются системы охлаждения солнечных панелей. В основе данных систем лежат вещества определённого агрегатного состояния.

#### Основная часть

При проектировании системы охлаждения учитывается средняя температура жидкости или газа. Сравнительная характеристика средних температур для некоторых веществ-охладителей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика средней рабочей температуры для некоторых типов систем охлаждения

| Тип системы охлаждения | Средняя рабочая температура, °С |
|------------------------|---------------------------------|
| Воздушное              | -71,0                           |
| Водяное                | 61,2                            |
| Наножидкостное         | 52                              |

Наножидкость – это жидкость, содержащая наноразмерные частицы (<100 нм), обычно называемые наночастицами. Наночастицы, используемые в наножидкостях, обычно состоят из металлов, оксидов, карбидов или углеродных нанотрубок. Эти наночастицы диспергируются в базовой жидкости (например, в воде, масле и т.д.) с целью получения сконструированной коллоидной суспензии, т.е. наножидкости. Наножидкости демонстрируют улучшенные

теплофизические свойства, такие как теплопроводность, теплопроводность, вязкость и коэффициенты конвективной теплопередачи по сравнению со свойствами материала базовой жидкости.

Для эффективного поглощения тепла используются смеси жидкостного теплоносителя и наночастицы определённого радиуса и химического состава. Основными характеристиками для определения наножидкости как системы охлаждения являются коэффициент поглощения и реакция с жидкостным теплоносителем. На основе анализа наночастиц мною была составлена сравнительная характеристика наночастиц определённых веществ (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика наножидкостей различным химическим составом при  $t=20^{\circ}\text{C}$

| Химический состав наночастицы   | Теплопроводность, Вт/м·К | Удельная теплоёмкость, Дж/кг·К |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Золото                          | 320                      | 129                            |
| Нитрид титана                   | 42,1                     | 37,5                           |
| Полиэтиленгликоль+сульфа т меди | 0,249                    | 2382                           |
| Оксид титана                    | 21,9                     | 0,527                          |

Мною были подобраны следующие компоненты наножидкости: смесь полиэтиленгликоля и наночастиц сульфата меди радиусом 7 нм, поскольку данное вещество обладает наивысшим показателем удельной теплоёмкости, что позволяет поглотить максимальное количество излишней теплоты, выработавшейся в результате работы солнечной панели. Наночастицы смеси полиэтиленгликоля и сульфата меди представлены на рисунке 1.

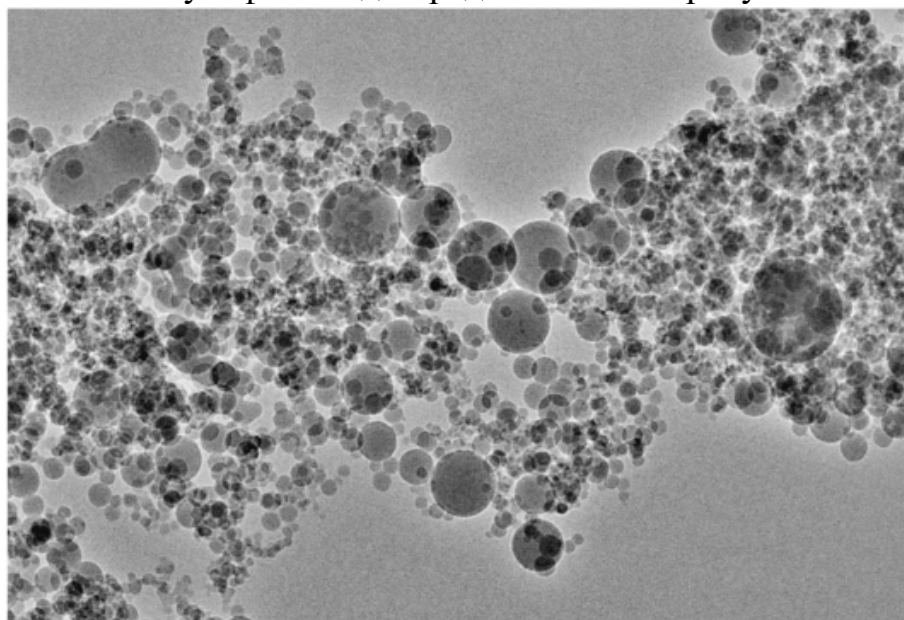


Рисунок 1 – Смесь полиэтиленгликоля и сульфата меди под электронным микроскопом

Система охлаждения с помощью наножидкости представляет собой прототип фотоэлектрического модуля с технологией охлаждения на основе оксида титана и наножидкостной кислоты.

Система охлаждения состоит из собранного зигзагообразного обратного канала, прикрепленного на задней стороне панели, по которому может протекать смесь оксида титана, полиэтиленгликоля и сульфата меди. Трубки потока

жидкости размещаются между задней стенкой модуля и изоляционным слоем трубки, и все они накладываются на основание канала. Нижняя сторона трубок имеет достаточную изоляцию, чтобы избежать потерь тепла (рис. 2).

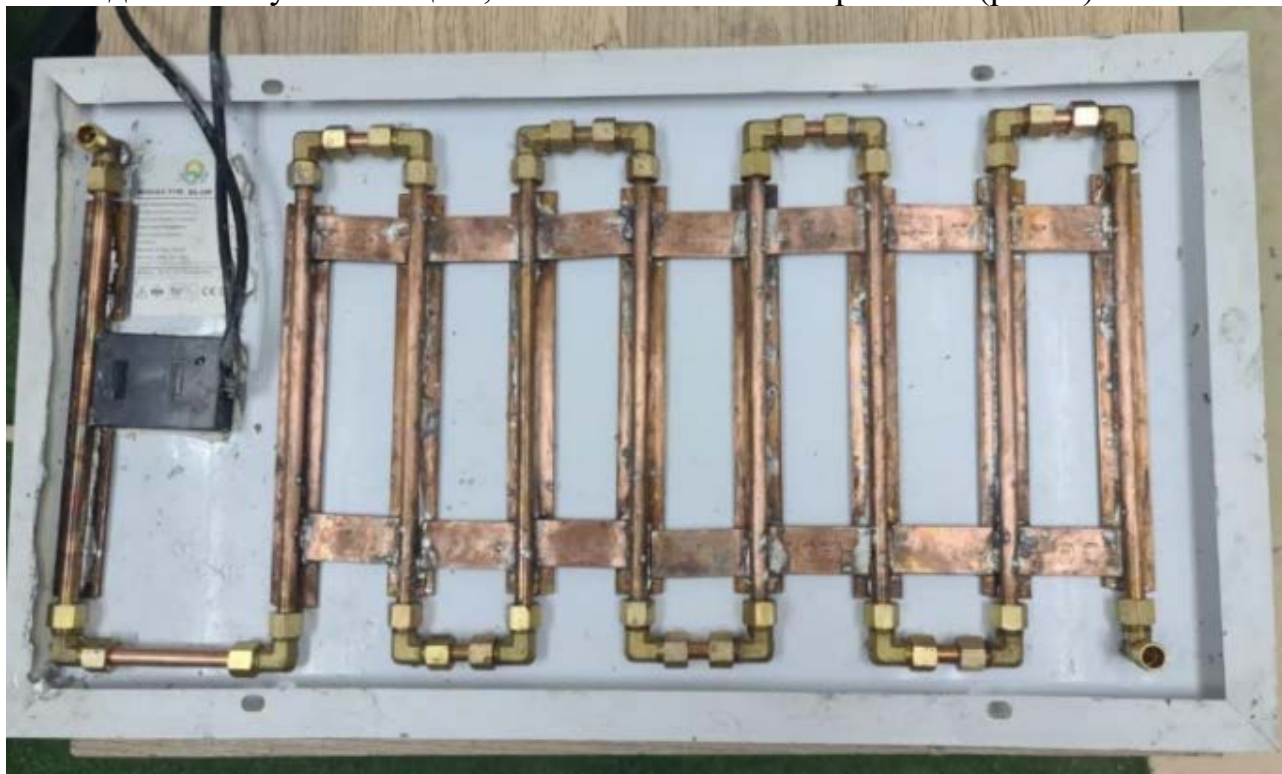


Рисунок 2 – Система охлаждения в виде зигзагообразного обратного канала

Участок канала, прикреплённого на задней стороне солнечной панели, был смоделирован в 3D-редакторе Autodesk Inventor 2024. Диаметр внутреннего пространства для прохода наножидкости составляет 7,5 мм, толщина медной стенки составляет 2,02 мм (рисунок 3).

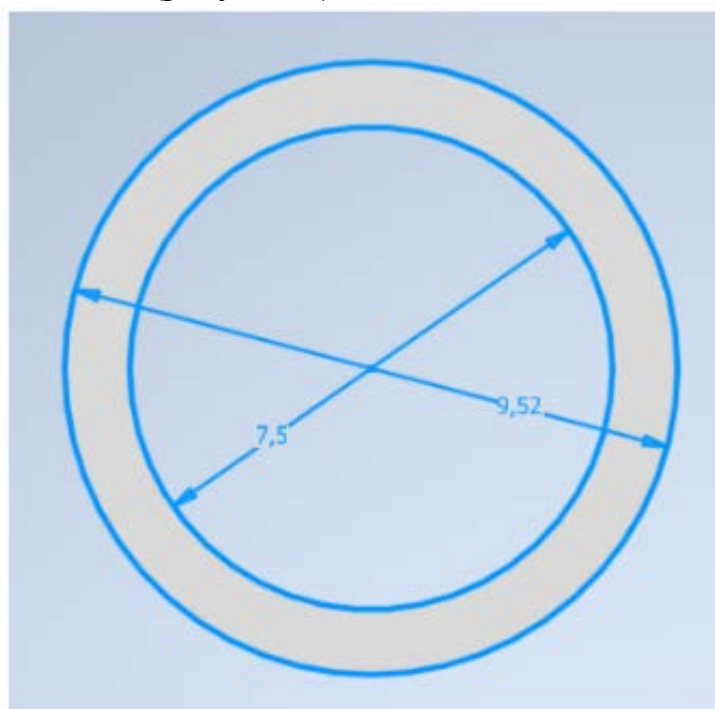


Рисунок 3 – Геометрические показатели смоделированного канала для прохода наножидкости

Для установки системы охлаждения была выбрана модель солнечной панели, которая обладает следующими характеристиками (табл. 3).

Таблица 3 – Технические характеристики выбранной модели солнечной панели

| Параметр                        | Значение/определение        |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Материал-поглотитель            | Монокристаллический кремний |
| Срок эксплуатации, лет          | 25                          |
| Номинальная рабочая температура | 45                          |
| Мощность, Вт                    | 30                          |
| Размеры, мм                     | 640x360x254                 |

В системе охлаждения используется система циркуляции охлаждающей наножидкости с материалом с фазовым переходом (PCM). Система может поглощать тепло от фотоэлектрических панелей и передавать его наножидкости, где оно может быть преобразовано в тепловую энергию. PCM может поглощать, накапливать и выделять большое количество скрытого тепла в определенных диапазонах температур. Они часто использовались на исследовательском уровне для охлаждения фотоэлектрических модулей и хранения тепла.

Рассмотрим принцип работы данной системы охлаждения. Рабочая жидкость из резервуара прокачивается насосом через PVT. Чтобы поддерживать стабильную температуру, рабочая жидкость отдает тепло от PVT, проходя через теплообменник, соединенный с блоком охлаждения.

При создании системы охлаждения были использованы контейнер из PCM, заполненный 2,75 кг нано-PCM, теплообменник и расширительный бак из PCM. Общая схема созданной системы показана на рисунке 4.

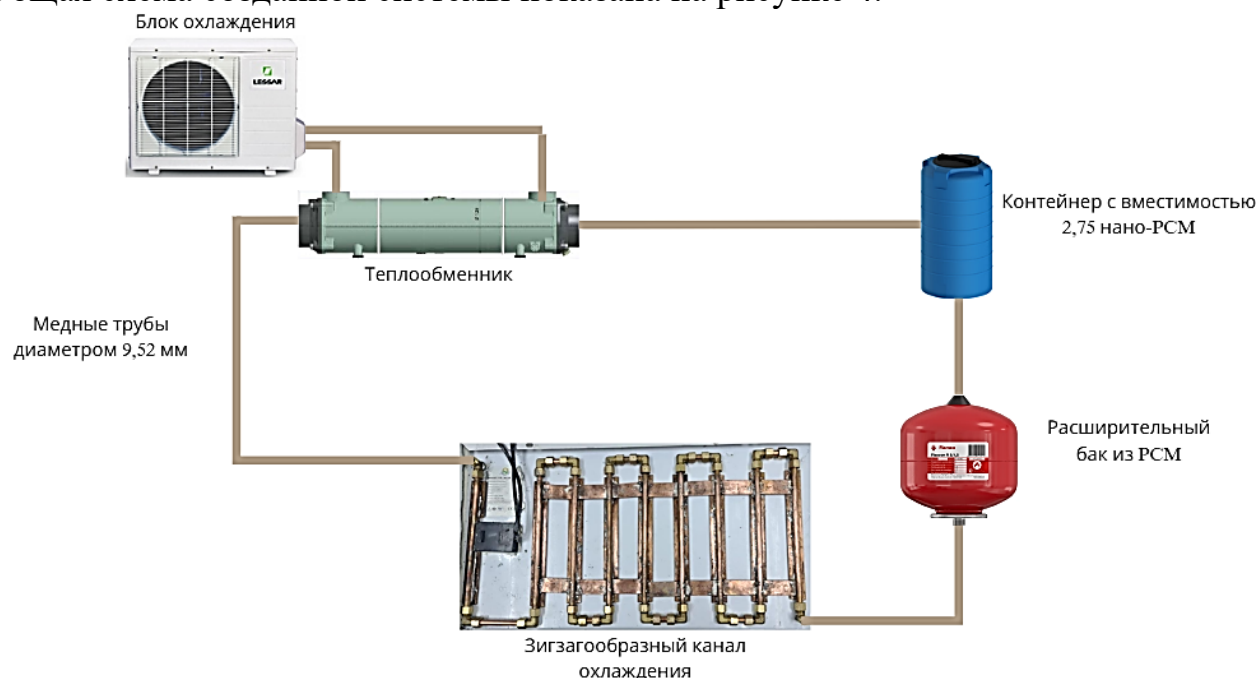


Рисунок 4 – Система наножидкостного охлаждения солнечной панели

## Заключене

Таким образом, применение наножидкости в качестве вещества-охладителя открывает большие перспективы для увеличения срока эксплуатации и энергопроизводительности солнечной панели. Основными достоинствами такой системы охлаждения являются высокая способность поглощения выработавшегося тепла и возможность его использования для отопления. Недостатками являются сложный способ производства наножидкости и высокая стоимость модернизации самой системы охлаждения. Несмотря на это, предложенная схема охлаждения позволит увеличить энергоэффективность в 2,5 раза, что является одним из решений проблемы охлаждения солнечных панелей.

## Литература

1. Петровская Т.А., Старостенков Я.Н. Efficient cooling systems for solar panels // Proceedings of the XLV International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World». Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2024.
2. Двиведи П., Судхакар К., Сони А., Соломин Е., Кирпичникова Я. Современные методы охлаждения фотоэлектрических модулей: современное состояние [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X19305416>. – Дата доступа: 01.10.2024
3. A comparison of solar panel cooling technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://www.tycorun.com/blogs/news/solar-panel-cooling?srsltid=AfmBOorQcXDcqMu5yN23nHIP9Pconpty0dVvJP\\_1ohtEL3cwqIt9O1HT](https://www.tycorun.com/blogs/news/solar-panel-cooling?srsltid=AfmBOorQcXDcqMu5yN23nHIP9Pconpty0dVvJP_1ohtEL3cwqIt9O1HT). – Дата доступа: 01.10.2024
4. Сибирские ученые: свойства наножидкостей зависят от концентрации и состава наночастиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.sbras.info/articles/science/sibirskie-uchenye-svoistva-nanozhidkosti-zavisyat-ot-kontsentratsii-i-sostava-nano>. Дата доступа: 03.10.2024
5. Эйдельман Е.Д., Вуль А.Я. Теплопроводность наножидкостей: влияние формы частиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/51617>. – Дата доступа: 07.10.2024
6. Пустовалов В.К., Астафьева Л.Г. Спектральные свойства наножидкостей с однородными и двухслойными наночастицами для эффективного поглощения солнечного излучения / В. К. Пустовалов, Л. Г. Астафьева в журнале: Оптика и спектроскопия, 2017, том 123, № 1, с. 146–151. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/117793/146-151.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. – Дата доступа: 08.10.2024