

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

А.П. Корнеев¹, Итонг Ню²

¹Беларусь, Белорусско-Российский университет,

²Китай, Аньянский технологический, провинция Хэнань

***Аннотация.** Рассмотрено применение солнечной энергии. Представлен принцип действия для фотогальванического солнечного элемента. Рассмотрены типы солнечных лучей и способы получения различных типов солнечных тепловых коллекторов; разные типы солнечных коллекторов, для каждого указаны положительные и отрицательные стороны. Для каждого вида вакуумного коллектора рассмотрен принцип действия, преимущества и недостатки. Представлена конструкция и основные требования к вакуумной трубке. Рассмотрен наиболее распространенный тип солнечного коллектора – плоский коллектор. Указаны недостатки солнечной энергетики.*

***Ключевые слова:** солнечная энергия, вакуумный коллектор, солнечная энергетика.*

Солнечная энергия позволяет получить тепло и свет. Фотогальванический солнечный элемент (ФСЭ) использует полупроводниковую технологию для получения электрического тока из солнечной энергии, который может быть сохранен в батарее для последующего использования или использован немедленно. Благодаря своей универсальности широкое распространение получили панели ФСЭ, так как их можно легко монтировать на здания и сооружения. Они являются возобновляемым экологически чистым источником энергии, который способен обеспечить дополнительный источник электроэнергии и, таким образом, снизить потребление электроэнергии из магистрали. В отдаленных неэлектрифицированных районах, например в населенных пунктах, энергия ФСЭ может служить надежным источником электроэнергии. Недостатком панелей ФСЭ является пока еще их высокая стоимость и относительно небольшой коэффициент преобразования энергии (не выше 13–15 %) [1]. Достоинством является то, что затраченная энергия получена от внешнего бесплатного источника – солнца.

Тепловая энергия может использоваться для прямого нагрева воды для бытовых нужд или для пассивного обогрева зданий.

Солнечные лучи, которые достигают поверхности Земли, делятся на два вида: прямые и рассеянные. Прямые солнечные лучи – те, которые достигают поверхности Земли от поверхности Солнца. Мощность прямого солнечного излучения зависит от прозрачности атмосферы (чистоты), высоты Солнца над горизонтом (в зависимости от времени суток и широты), а также от положения Солнца по отношению к поверхности. Источником рассеянного солнечно-

го света являются верхние слои атмосферы и мощность излучения зависит от того, насколько прямой солнечный свет отражается от Земли и окружающей среды. Повторяющийся процесс отражения между нижней частью облаков и поверхностью Земли позволяет достигать мощности рассеянного солнечного излучения высоких значений. В космосе плотность солнечных лучей составляет примерно $1,4 \text{ кВт/м}^2$. Отражается обратно в космос, не достигая Земли, из них около 30 %. На земной поверхности плотность солнечного света составляет около 1 кВт/м^2 . Ресурсы солнечной энергии велики, если не безграничны [2].

В солнечной энергетике предлагаются различные типы солнечных тепловых коллекторов в дополнение к электрической энергии, вырабатываемой ФСЭ. Существуют разные типы солнечных коллекторов со своими положительными и отрицательными сторонами:

Вакуумный коллектор с прямой передачей тепла воде (рис. 1).



Рис. 1. Вакуумный коллектор с прямой передачей тепла воде

В таком коллекторе вакуумные трубки соединены с накопительным баком. Вода поступает из контура теплообменника прямо в трубки, где нагревается и возвращается обратно. Такие системы также называют термосифонными системами. Непосредственная передача тепла воде без участия других элементов является преимуществом этих систем. Термосифонные системы работают по принципу явления естественной конвекции, когда теплая вода поднимается вверх. В термосифонных системах бак должен располагаться над коллектором. При нагреве воды в коллекторных трубках, она становится легче и естественным образом поднимается наверх бака. Циркуляцию по всей системе обеспечивает то, что более холодная вода из бака стекает в трубы. В малых системах бак не рассчитан на линейное давление и совмещен с коллектором, поэтому термосифонные системы необходимо использовать через редук-

Термотрубка – закрытая медная трубка с небольшим содержанием легкокипящей жидкости – является основным элементом солнечных коллекторов такой конструкции. Простой принцип тепловой трубы, представляющий собой полый медный стержень, запаянный с обоих концов, с расширением наверху является основанием для работы высокотехнологичных электронных ламп. Внутри находится неорганическая нетоксичная жидкость. При нагревании жидкости до точки кипения она закипает и в парообразном состоянии поднимается в верхнюю часть – наконечник (конденсатор), температура при котором может достигать 250–380 °С. И там конденсируется, выделяя тепло. Конденсат стекает по стенкам трубы, и процесс повторяется. Тепловая трубка вставлена в стеклянную трубку и закреплена между двумя алюминиевыми ребрами. Максимальная площадь контакта тепловой трубы и внутренней поверхностью вакуумной трубы обеспечивается формой ребер. Максимальная передача тепла к медной тепловой трубке, а потом к теплоносителю в проточном теплообменнике обеспечивают ребра одинаковой формы. Внутренняя полость тепловой трубки вакуумирована, поэтому эта жидкость испаряется даже при температуре около 30 °С. При более низких температурах трубка «запирается» и дополнительно сохраняет тепло. Тепло от головки тепловой трубы передается к основанию коллектора – ресиверу. Ресивер солнечного коллектора, медь с полиуретановой изоляцией, корпус из нержавеющей стали или алюминиевого сплава. Теплопередача происходит через медный «рукав» ресивера. Это отделяет контур отопления от труб. При повреждении одной трубки коллектор продолжает работать. Процедура замены трубки очень проста, и нет необходимости сливать незамерзающую смесь из контура теплообменника [4].

Вакуумная трубка состоит из двух стеклянных трубок. Конструкция стеклянных вакуумных трубок аналогична термосу, где одна трубка вставляется в другую с большим диаметром. Внешняя трубка изготовлена из прозрачного боросиликатного сверхпрочного стекла. Внутренняя трубка также изготовлена из боросиликатного прозрачного стекла, покрытого специальным селективным нанопокрытием, которое при минимальном отражении максимизирует поглощение тепла. Во избежание конвективных и кондуктивных потерь тепла из пространства между двумя трубами откачивают воздух и создают вакуум.

В процессе изготовления геттер подвергается воздействию высоких температур, в результате чего нижний конец вакуумной трубки покрывается слоем чистого бария. Такой слой бария поглощает вещества, которые выделяются из трубы при эксплуатации и хранении, поддерживая таким образом вакуумное состояние. Слой бария также является четким визуальным индикатором состояния вакуума. При снятии вакуума серебристый слой бария становится белым. Это позволяет легко определить, является ли труба, внутри которой закреплена медная тепловая трубка с алюминиевыми ребрами, пригодной для теплопередачи (рис. 4).



Рис. 4. Вакуумная трубка

Основные требования к вакуумной трубке:

- материал: боросиликатное стекло соответствует ISO3585:1991;
- коэффициент пропускания для боросиликатного стекла: $\geq 0,92$;
- поглощающая способность селективно-абсорбирующего покрытия:
 $a \geq 0,94$;
- коэффициент излучения полусферы: $\epsilon \geq 0,08$;
- начальная температура: $+30^{\circ}\text{C}$ (начинает работать тепловая трубка при этой температуре);
- время запуска: не более 2 минут при обычном солнечном свете;
- морозостойкость: выдерживает -50°C ;
- термостойкость: отсутствие повреждений при трехкратном поочередном воздействии холодной воды температурой менее 25°C и горячей воды более 90°C ;
- устойчивость к граду: выдерживает град $\varnothing 25$ мм;
- стандарт внешнего вида: цвет селективно-абсорбирующего покрытия должен быть однородным, покрытие не должно мяться и отслаиваться. Опорные части внутри трубы должны быть прочно и правильно закреплены. Допуск на диаметр трубы из боросиликатного стекла должен соответствовать ISO4803:1978;
- изгиб трубы из боросиликатного стекла не должен превышать 0,3 %;
- поперечное сечение трубы из боросиликатного стекла, расположенное на расстоянии 40–60 мм от ее конца, должно быть круглым. Отношение между самым длинным и самым коротким радиальными размерами стеклянной трубки не должно превышать 1,02.

Способность поглощать энергию инфракрасных лучей, проходящих через облака, позволяют вакуумным трубкам хорошо работать в пасмурные дни. Влияние низких температур и ветра на работу вакуумных ламп незначительно благодаря изолирующим свойствам вакуума [5].

Плоский солнечный коллектор (рис. 5).

Наиболее распространенным типом солнечного коллектора, используемого в системах горячего водоснабжения и отопления, является плоский коллектор. Такой коллектор представляет собой остекленную теплоизолирован-

ную панель, в которую помещена поглощающая пластина. Пластина поглотителя изготовлена из металла, хорошо проводящего тепло (чаще всего меди или алюминия). Медь используется чаще всего, так как обладает лучшей теплопроводностью и меньше подвержена коррозии по сравнению с алюминием. Поглотительная пластина обработана специальным высокоселективным покрытием, что позволяет лучше удерживает поглощенный солнечный свет. Это покрытие состоит из очень тонкого прочного слоя аморфного полупроводника, нанесенного на металлическую основу, и характеризуется низким коэффициентом излучения в инфракрасном диапазоне и высоким поглощением в видимом спектре.

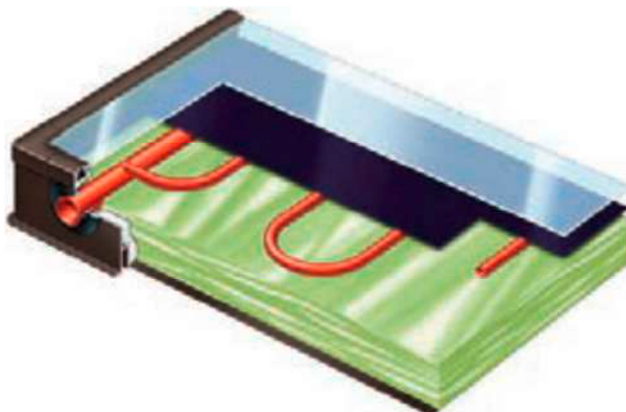


Рис. 5. Плоский солнечный коллектор

Благодаря остеклению (в плоских коллекторах обычно используется непрозрачное светопропускающее стекло с низким содержанием железа) снижаются теплотери. Дно и боковые стенки коллектора покрыты теплоизоляционным материалом, что дополнительно снижает потери тепла [6].

Недостатки солнечной энергетики:

1. Скорость фотоэлектрического преобразования очень низкая.

Основной функцией солнечных батарей является преобразование энергии света в электричество с помощью явления, называемого фотогальваническим эффектом. Но это создает при выборе сырья для солнечных панелей много неудобных факторов. Необходимость учета фотопроводящего эффекта материала и то, как генерируется внутреннее электрическое поле. Таким образом, для производства фотоэлектрической энергии выбор материалов является серьезным ограничением. Состав и распределение энергии солнечного света должны быть полностью изучены. Выбор материалов по-прежнему является местом для прорыва. Даже с очень эффективными материалами это все еще очень неэффективно.

2. Для производства фотоэлектрической энергии требуется большая площадь.

3. Требования к освещению сложны, и выбранное солнечное излучение является подходящим.

4. Стоимость производства фотоэлектрической энергии слишком велика.

Литература

1. Солнечная энергетика : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика» / В. И. Виссарионов [и др.]. – Москва : Издательство МЭИ, 2008. – 276 с.
2. Алхасов, А. Б. Возобновляемые источники энергии : учебник для студентов вузов / А. Б. Алхасов. – Москва : МЭИ (ТУ), 2011. – 271 с.
3. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – 4-е изд., стер. – Москва : КНОРУС, 2016. – 645 с.
4. Германович, В. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические проекты по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы / В. Германович, А. Турилин. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2014. – 319 с.
5. Мальцева, А. В. Концентраторы солнечной радиации в энергетике [Текст] : статья / А. В. Мальцева // Энергетика: экономика, технология, экология. – 2015. – № 7. – С. 16–24.
6. Лисов, О. М. Энергетика, экология и альтернативные источники энергии : статья / О. М. Лисов, В. Е. Степанов // Экология промышленного производства: Межотраслевой научно-практический журнал. – 2016. – № 1. – С. 47–55.