

Автономная солнечная оптоволоконная осветительная система



Горбачев О.В., к.т.н., генеральный директор ТЕХНОПАРК «ДАГОМЫС»

Исследован прототип автономной солнечной оптоволоконной осветительной системы, состоящий из каскадного концентратора на базе линз Френеля и градиентного фокона, волоконно-оптического тракта и диффузора.

ВВЕДЕНИЕ

Быстрый рост спроса на потребление энергии создает серьезную угрозу жизни на Земле: рост выбросов CO₂, изменение климата, уменьшение озонового слоя и т.д. Все это приводит к острой необходимости использования солнечной энергии для освещения и обогрева помещений в жилых и промышленных зданиях.

Толчком к быстрому развитию солнечной энергетики без фотоэлементов стало решение технологических проблем, связанных с достижениями в производстве линз Френеля и качественных волокон, которые являются идеальным решением для передачи энергии света, особенно в те помещения, где предъявляются повышенные требования к взрывобезопасности и скрытности. Это может найти широкое применение в автономных гражданских и военных объектов в виду существенного уменьшения веса и цены, а также высокой надёжности. Кроме того, благодаря малым размерам оптического

волокна и радиусов изгиба, данное решение является высокотехнологичным при монтаже в уже построенных зданиях.

Наиболее подходящим материалом для волоконно-оптического тракта, работающего в ультрафиолетовом, видимом и ближнем спектре, является кварцевое стекло КУ-2, коэффициент прозрачности которого практически равен 1. Из этого кварцевого стекла можно изготовить оптические детали для прототипа с высокой точностью ($\pm 0,05$ мм). Такое устройство обеспечит передачу основного солнечного спектра, который является целебным для растений и живых организмов.

В этой статье мы предлагаем и исследуем запатентованный и разработанный нами прототип автономной осветительной системы (АОС), состоящей из каскадного концентратора, градиентного фоконна, волоконно-оптического тракта и диффузора. Прототип АОС обеспечивает концентрацию солнечного излучения в видимом диапазоне в 35-70 раз и транспортировку его в затемненное помещение на десятки метров. Компьютерное моделирование оптических параметров было выполнено в программах TracePro, ZEMAX, FDTDpro и экспериментально исследованы: оптическая эффективность системы (\mathcal{E}_c), коэффициенты пропускания (K_p) и концентрации (K_k). Результаты показывают возможность транспортировки сконцентрированного солнечного света на расстояние более 30 метров светового потока более 700 люменов. В первой части статьи приведены результаты компьютерного моделирования оптического концентратора с линзами Френеля и принципиальная схема автономной солнечной оптоволоконной осветительной системы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТОРА С ЛИНЗАМИ ФРЕНЕЛЯ

С появлением оптоволоконных технологий, появилась возможность транспортировать непосредственно солнечный свет по оптоволокну (ОВ), без преобразования в другие виды энергии.

Для этого нужно увеличить плотность светового потока с помощью солнечных концентраторов, основной задачей которых является сфокусировать солнечный свет на приемном модуле солнечной энергии.

Солнечные концентраторы состоят из следующих составных частей:

- линзы (рефракторные) или отражатели (рефлекторные), фокусирующие солнечный свет;
- механическая конструкция (рама) для крепления отражателей, линз;
- приемник солнечного излучения (фотоэлемент, оптическое волокно и т.п.);
- следящий механизм, который обычно включает:
 - электронный блок приема сигналов от датчиков и преобразования их в электрические сигналы управления;
 - датчики слежения за Солнцем;
 - электропривод, поворачивающий раму с концентратором в направлении Солнца.

В различных конструкциях солнечные устройства могут включать линзы Френеля, терморегуляторы, тепловые фильтры, дополнительные зеркальные элементы и ряд иных элементов. Это сложные и дорогостоящие устройства, основным недостатком которых,

является наличие у них электромеханической системы слежения. Этот фактор усложняет конструкцию концентраторов, ограничивает их размеры, увеличивает их стоимость, и уменьшает надежность. Помимо этого, системы электропривода требуют постоянной смазки, защиты от внешних воздействий окружающей среды, осадков, пыли, и пр. Создать такие концентраторы больших размеров, следовательно, и большой мощности, невозможно. Наиболее перспективным способом устранения данного недостатка, является создание неподвижного концентратора с оптическим наведением на солнце.

Такие концентраторы не требуют дорогостоящей системы позиционирования на солнце и не нуждаются в сетевом электропитании

или от преобразования энергии света в электроэнергию.

Поэтому, солнечные осветительные и обогревательные устройства можно существенно упростить, если заменить механический способ наведения на оптический способ слежения концентраторов за солнцем. Трубы с жидким теплоносителем можно заменить оптическим волокном (ОВ) или кварцевыми стержнями. Решению этой задачи и посвящена данная научно-исследовательская опытно-конструкторская работа (НИОКР). Такое разрабатываемое устройство должно содержать неподвижный концентратор с оптическим способом наведения его на солнце, и оптический тракт, который позволяет транспортировать «холодный» свет (с длиной волны 300 – 800 нм) для освещения, а «горячий» свет (800 – 2100 нм) для обогрева помещений.

До настоящего времени не существовали обогревательные устройства, использующие оптоволоконные каналы для транспортировки солнечных инфракрасных волн.

Существует линейный концентратор солнечного света, конструкция которого представляет систему линейных рефлекторов с линейками солнечных элементов между каждым из них. Рефлекторы сконструированы в виде линейных зеркальных полосок определенной ширины, которые находятся под установленным апертурным углом к потоку солнечного излучения, который падает на концентратор. После отражения от линейных рефлекторов световой поток в концентрированном виде падает на солнечные элементы. Недостатком данной конструкции является небольшая величина K_c (коэффициента концентрации оптического излучения на солнечных элементах), который не превышает значения 2,5. Помимо этого, данный концентратор нуждается в непрерывном наведении на Солнце в двух плоскостях для дневного и сезонного перемещения.

Линейный концентратор светового излучения лишен указанных недостатков. Он осуществляет концентрацию солнечного излучения на вытянутую в одном измерении площадку. Площадка находится в фокусе основной линзы Френеля. В концентраторе

есть две дополнительные боковые оптические системы для увеличения концентрации солнечного света.

Центральная линза Френеля и боковые стенки модуля представлены в виде вытянутых фрагментов, сопряженных между собой призм (до 60-90 штук), с треугольным сечением. Свет солнца, который падает на боковые стенки призм, преломляется на их гранях и далее падает на светоприемный участок концентратора, увеличивая тем самым общую освещенность небольшого приемного участка. Такой модуль обладает значительной концентрирующей свет поверхностью и передает на светоприемную площадку значительно больше солнечной энергии, чем без концентратора при равных условиях. Сложность изготовления таких фрагментов призм, как и изготовление линзы Френеля, так и боковых стенок модуля, преломляющих свет, являются недостатком конструкции. Значительное число треугольных протяженных призм с гранями, с наклоном под острыми углами (