

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СЕЛЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ И КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОВОГО КОЛЛЕКТОРА С РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ПО ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Рассматриваются основы создания эффективного селективного покрытия для активного элемента преобразователя солнечной энергии в тепловую. Показывается, что предложенная технология и конструкция активного элемента позволяет повысить эффективность преобразования солнечной энергии в тепловую на 18-20% по сравнению с существующими. Описывается также разработанная конструкция солнечного теплового коллектора на основе активного элемента с эффективным селективным покрытием из черненного алюминия, полученного реактивным распылением в вакууме на алюминиевую фольгу. Приводятся теплоэнергетические показатели работы теплового коллектора в различных климатических зонах. Даются рекомендации по его применению.

1. Анализ состояния экологически чистых источников энергии

В настоящее время человечество активно внедряет новые экологически чистые источники энергии и в течение ближайших десятилетий нужно внедрить в повседневную жизнь возобновляемые экологически чистые источники энергии, прежде всего, такие как ветроэнергетика и гелиоэнергетики. В противном случае грядущие экологические катастрофы поставят под угрозу возможность дальнейшего существования жизни на нашей планете.

Являясь базовой отраслью, энергетика Украина включает в себя атомную энергетику, гидроэнергетику и тепловую энергетику. К 2100 году интегральное потребление энергии более чем вдвое превысит известные оценки экономически доступных природных ресурсов [1,2]. Интенсивное использование традиционных источников энергии привело к появлению ряда экологических проблем. Самые острые по своим неблагоприятным последствиям - увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа и уменьшение толщины озонового слоя. Так, каждый киловатт мощности тепловой электростанции за один год вырабатывает в качестве побочных продуктов в среднем 2,4 т золы, 30 кг окиси серы и 3 кг окиси углерода. За последние 100 лет концентрация углекислого газа в атмосфере Земли повысилась на 13% [1,2].

Атомные электростанции вырабатывают электроэнергию, которая сегодня является более дешевой, чем электроэнергия, вырабатываемая тепловыми электростанциями. Однако при работе атомной электростанции около 99% топлива идет в отходы, которые представляют собой радиоактивные продукты расщепления. Общеизвестно, что утилизация радиоактивных отходов является дорогостоящей операцией, требующей постоян-

ного экологического надзора. Выходом из сложившегося положения является использование энергии солнца.

Для оценки возможностей солнечной энергетики округленно считают, что плотность потока солнечной радиации вне атмосферы Земли равна 1.4 кВт/м^2 , а на уровне океана на экваторе в полдень 1 кВт/м^2 [3]. Общая мощность солнечной радиации, перехватываемая нашей планетой, составляет $1,7 \cdot 10^{14} \text{ кВт}$. Это колоссальная мощность, примерно в 500 раз превышает предельные потребности человеческой цивилизации, составляющие $3 \cdot 10^{11} \text{ кВт}$. Если оценить всю солнечную энергию, которую наша планета получает за один год, то она составит $10^{18} \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, что примерно в 10 раз больше энергии всех разведанных и неразведанных ископаемых топлив, включая и расщепляющиеся вещества.

Солнечная энергетика доступна повсеместно и это экологически чистый источник энергии, позволяющий использовать его во все возрастающих масштабах без негативного влияния на окружающую среду.

Основными направлениями использования солнечной энергии считаются:

- прямое превращение солнечной энергии в электрическую;
- получение тепла путем абсорбции солнечного излучения.

Получение такого низкотемпературного тепла можно осуществить с помощью плоских тепловых коллекторов, работающих на принципе тепличного эффекта [4]. Физическая суть этого эффекта заключается в преобразовании солнечного излучения тепловым коллектором, покрытым прозрачным для солнечных лучей материалом, внутри которого находится нагреваемый теплоприемник, с минимизированным рассеиванием тепловой энергии. Так как основная интенсивность солнечного излучения в наземных условиях находится в спектральном интервале $0,4 \text{ мкм} - 1,8 \text{ мкм}$, то в качестве прозрачного верхнего слоя используется обычное стекло. Коэффициент пропускания стекла в этом спектральном диапазоне достигает 95%. Расположенный в нижней части коллектора, теплоприемник представляет собой абсорбирующее покрытие с коэффициентом поглощения солнечного излучения до 90%. Поглощая прямое солнечное излучение, это абсорбирующее покрытие даже без верхнего стекла может нагреваться в зависимости от мощности падающего излучения до $50-80^\circ\text{C}$. Нагретое до таких температур тело излучает тепловую энергию, основная мощность которого находится в инфракрасном диапазоне.

Для спектрального диапазона, соответствующего инфракрасному излучению, стекло обладает низким коэффициентом пропускания. Это и приводит к тепличному эффекту, заключающемуся в накоплении энергии под стеклом и увеличении температуры теплоприемника до 160°C , если преобразованная энергия не выводится из коллектора теплоносителем. В рабочем режиме накопленное тепло расходуется на нагрев воздуха или воды, которые циркулируют через коллектор. В средней полосе Европы в летний период их производительность может достигать 50-60 литров воды. Вода может нагреваться до $60-70^\circ\text{C}$ с каждого квадратного метра в день [1]. КПД солнечного коллектора составляет порядка 70% и зависит от температуры окружающей среды, плотности потока солнечной энергии и температуры, до которой необходимо нагревать воду в коллекторе. С уменьшением температуры, до которой необходимо нагреть воду, циркулирующую через коллектор, КПД коллектора увеличивается. Однако стандартная температура нагреваемой воды составляет 50°C . Для солнечного коллектора основной технической характеристикой является объем воды или воздуха, нагреваемых до заданной температуры в течение светового дня квадратным метром коллектора. Этот параметр зависит от времени года и географического положения места, в котором устанавливаются коллекторы.

Эффективность солнечного коллектора может быть увеличена при использовании на теплоприемной поверхности селективно поглощающих покрытий, которые обладают свойством хорошо поглощать видимую часть солнечного спектра и практически не излучать в инфракрасной области спектра [5- 7]. Селективные покрытия представляют собой единственный наукоемкий элемент в конструкции солнечного коллектора.

Цель работы – создание селективного покрытия, которое обеспечивало бы наиболее эффективное поглощение солнечной энергии, и разработка на его базе солнечного теплового коллектора.

2. Исследование характеристик селективного покрытия и разработка на его основе теплового коллектора

Авторами, совместно с НТУ «Харьковский Политехнический Институт», предложено селективное покрытие на основе черного алюминия, полученного путем реактивного (в смеси кислорода и аргона) распыления алюминия в вакууме, и проведены его испытания. Получены следующие основные характеристики покрытия [8]:

- коэффициент поглощения солнечного излучения $\alpha_s > 0,95$;
- коэффициент излучения $\epsilon_{50,12}$;
- покрытие повышает КПД на 18-22%.

Композиция на основе полиуретанового клея надежно крепит алюминиевую фольгу на поверхности. Ее рабочие температуры не ниже 140 °С, а тепловые перегрузки могут достигать 180-200°С без изменения качества соединения.

Таким образом, в результате испытаний установлено, что эффективность использования солнечного теплового коллектора, в котором применена пленка с предложенным селективным покрытием, повышается в среднем на 20%.

Известно, что возможна экономия топлива за счет использования солнечных пассивных систем отопления на основе архитектурно-планировочных и технических решений, или таких, как гелиоустановки в системах отопления, которые называются активными системами [9,10]. В активных системах солнечные лучи поступают в гелиоприемник - солнечный коллектор, где их энергия преобразуется в тепловую с расчетными параметрами. Количество аккумулируемого тепла определяется по формуле [11]:

$$Q=mc(t_2-t_1),$$

где t_2 и t_1 – начальная и конечная температура, °С; m – масса материала; c – теплоемкость материала, кДж/кг °С.

Для получения максимального теплового эффекта солнечную панель размещают так, чтобы солнце освещало ее максимальное время. Наклон панели должен быть 10-15° плюс географическая широта, что для широты 45° составляет примерно 55-60°. При этом появляется возможность стабильно нагревать воду и воздух до 50-60 °С и экономить на 1 м² поверхности солнечных коллекторов 120-180 кг условного топлива в год. Стоимость 1 м² солнечных коллекторов для нагрева воды зависит от конструкции и материала и составляет примерно \$ 200-500.

Многие фирмы Европы разрабатывают, производят и поставляют коллекторы различной конструкции и стоимости. Среди них можно назвать украинские фирмы “Гелиотерм”, специализированное научно-производственное объединение “Укргелиопром”. Кроме того, “Укргелиопром” внедряет солнечные коллекторы английского производства. Внешнее покрытие из тедмара фирмы “DuPont” с оптическим КПД 92 %. Стоимость 1 м² такой гелиоустановки с оборудованием от 20 до 350 американских долларов, гарантийный срок работы 5 лет.

Один из современных разработчиков и поставщиков солнечной техники и технологий в Германии – известная фирма “VIESSMANN”. Она изготавливает два типа плоских солнечных коллекторов, горизонтальные и вертикальные, которые используются на плоских крышах [12].

При проектировании домов с гелиоустановками для оценки экономической эффективности сооружения солнечной установки необходимо учитывать, что затраты на 1 м² окупятся уже за 5 лет эксплуатации за счет экономии топлива и электроэнергии [13,14].

Нами разработана конструкция плоского солнечного теплового коллектора на основе активного элемента, полученного вакуумным реактивным распылением алюминия на алюминиевую фольгу, движущуюся в процессе напыления с определенной скоростью. Конструкция теплового коллектора ТСК-ІАСС и его особенности подробно описаны в [15].

Основные показатели коллектора ТСК- ІАСС:

габаритные размеры – 165х65х5 см;
 габаритная площадь – 1 м²;
 вес – до 17 кг;
 давление теплоносителя в каналах абсорбера – 0,6 МПа;
 инерционность (нагрев воды 20–50°С при W=11,5 л/ч и И=20°С) – 8 мин;
 срок службы – не меньше 15 лет.

Теплотворные характеристики коллектора приведены в таблице.

Полученная тепловая энергия нагрева теплоносителя (воды) в кВт·ч		Кол-во нагретой в течение летнего дня воды	Температура нагретой воды
на день	на год	л/день	°С
3,9...5,1	795... 1065	335... 440	30
3,7...4,9	760... 1030	160... 220	40
3,6...4,8	732... 998	105... 140	50
3,5...4,7	690... 977	90... 120	55

Даже самый высококачественный солнечный коллектор сам по себе еще не гарантирует оптимальной эксплуатации солнечной установки. Здесь важно реализовать комплексное системное решение. На наш взгляд разработка солнечной установки фирмы Viessmann с применением разработанного нами теплового солнечного коллектора ТСК-ІАСС будет наиболее эффективна. Фирма Viessmann поставляет также все компоненты, необходимые для автоматической регулировки работы солнечной установки:

- контроллер, согласованный с солнечной установкой,
- емкостный водонагреватель с низко расположенным теплообменником солнечных коллекторов,
- конструктивные детали, позволяющие улучшать регулировочные характеристики солнечной установки и таким образом добиваться ее максимальной отдачи.

Правильно рассчитанные солнечные установки с взаимно согласованными системными компонентами могут покрывать 50-60% годовой потребности в энергии для приготовления горячей воды в одно- и двух- квартирных жилых домах [16].

3. Выводы

Сделан анализ состояния проблемы, связанной с применением альтернативных источников энергии. Показано, что преобразование солнечной энергии в тепловую является наиболее предпочтительным.

Научно новым является предложенное селективное покрытие на основе реактивно распыленного алюминия с коэффициентом поглощения 98% , что на 20% больше, чем у применяемых лакокрасочных покрытий на основе окислов хрома.

Практическое значение предложенного солнечного теплового коллектора ТСК-ІАСС заключается в том, что он может быть использован в компонентах солнечной установки фирмы Viessmann, а также других фирм-разработчиков. Это позволит спроектировать эффективную систему горячего водоснабжения для бытовых нужд, обеспечить экономию ресурсов и в значительной мере улучшить экологическую ситуацию.

Дальнейшей задачей авторов является разработка эффективной и недорогой солнечной отечественной установки на основе теплового солнечного коллектора ТСК-ІАСС, работающей в режиме автоматического регулирования параметров.

Список литературы: 1. *Бойко, Б.Т.* Физика фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии / Б.Т. Бойко, Ю.Г. Гуревич. Харьков. Основа. 1992. 225 с. 2. *Шурчков, А..В.* Энергетичний потенціал сонячного випромінювання України / А.В.Шурчков, Г.М.Забарний, О.М.Щербина, О.Л.Пасечниченко // Ринок інсталяційний. 2001. № 7. С.14-15. 3. *Преобразование* солнечной энергии. Вопросы физики твердого тела Текст] / Под ред. Серафимо Б. М.: Энергоиздат. 1987. 125 с. 4. *Современное состояние и направления развития систем солнечного теплоснабжения в Украине и мире.* / Нетрадиц. энергетика в XXI веке: Докл. II Междунар. конф., Крым, Ялта, 17-22 сент. 2001 г./ М.Д.Рабинович. К.: 2001. С.115-117. 5. *Справочник по физике* / Под ред. Б.М. Яворского и А.А. Детлафа. Москва : 1986. 356 с. 6. RENEWABLE ENERGY WORD . 2000. Vol. 3. N2. С.25- 35. 7. *Гелиоэнергетика* - будущее Украины [Электронный

ресурс]/ НТУ «ХПИ», Харьков. Режим доступа: <http://users/Kpi.Kharkov.ua/fmeg/gelioinukrfine.htm>. 18.01. 2008г. Загл. с экрана. **8. Гурин В.Н., Гурин Д.В.** Разработка эффективного селективного покрытия для солнечных тепловых коллекторов / В.Н. Гурин, Д.В.Гурин // Вестник Международного Славянского Университета. Серия: “Технические науки”, 2008. Том XI. №1. С.22-25. **9. Бутузов, В.А.** Солнечное теплоснабжение: состояние дел и перспективы развития /В.А.Бутузов // Энергосбережение. 2000. №4. С.28-30. **10. Стронський Л.М.** Сонячне випромінювання – альтернатива енергозабезпечення України в контексті глобальної ситуації / Л.М.Стронський // Ринок інсталяційний. 2000. 6. С.28-29. **11. Тепловые** насосы и солнечные коллекторы [Электронный ресурс] /Режим доступа <http://board-of.crimea.ua/tovar/Bu-tent-ukrytie-re>. 02.03.2008. Загл. с экрана. **12. Солнечные** коллекторы [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.artclimat.com.ua/equipment/solar/>. 21.03.2008. Загл с экрана. **13. Viessmann** техніка майбутнього// Ринок інсталяційний. 2000. 6.С.19. **14. Исследование** характеристик солнечных абсорбционных термо-трансформаторов на математической модели. Нетрадиц. энергетика в XXI веке: Докл. II Междунар. конф. Крым, Ялта, 17-22 сент. 2001 / А.Р.Ферт, И.П.Толстых. К., 2001. С.126-128. **15. Гурин В.Н., Гурин Д.В.** Разработка конструкции солнечного теплового коллектора и рекомендации по его использованию /В.Н.Гурин, Д.В. Гурин// Вестник Международного Славянского Университета. Серия: “Технические науки”, 2008. Том XI. №1.С.14-19. **16. Гелиоустановки** горячего водоснабжения в России: экономические и энергетические показатели: Нетрадиц. энергетика в XXI веке: Докл. II Междунар. конф. Крым, Ялта. 17-22 сент. 2001/ В.А.Бутузов. К.: 2001.С.113-115.

Поступила в редколлегию 11.03.2012

Гурин Валерий Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Экономической кибернетики и управления экономической безопасностью» НТУ ХПИ. Научные интересы: разработка инвестиционных проектов. Увлечения: горный и водный туризм. Адрес: Украина, 61100, Харьков, ул. Тимирязева, 28, кв. 228, тел: 0634935462 (моб.), 3764242 (дом.), 7021490 (раб.).

Яшков Игорь Олегович, канд. техн. наук, доцент кафедры ТАПР ХНУРЭ. Научные интересы: автоматизация технологических процессов. Адрес: Украина, 61001, Харьков, пр. Гагарина, 21, кв.27, тел: 0679101493 (моб.)

Гурин Дмитрий Валерьевич, студент группы АКИТ-10-1 ХНУРЭ. Научные интересы: автоматизация технологических процессов. Увлечения: горный туризм, путешествия. Адрес: Украина, Харьков, ул. Тимирязева, 28, кв.228, тел. 0936455278 (моб.), 3764242 (дом.).