

УДК 620.9:33

В. В. Кувшинов<sup>1</sup>,  
А. И. Башта<sup>2</sup>

## ***Солнечная энергетика для развития рекреационного комплекса Крыма***

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г Севастополь  
e-mail: kuvshinov.vladimir@gmail.com

<sup>2</sup>Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь,  
e-mail: [noc\\_nunr@mail.ru](mailto:noc_nunr@mail.ru)

**Аннотация.** *Описаны перспективы развития солнечной энергетики Крыма. Предлагается использование теплофотозлектрических установок в коммунальном секторе г. Симферополь. Показан экономический эффект от их внедрения. Предлагается полномасштабное внедрение солнечных установок в курортно-рекреационном комплексе Республики Крым.*

**Ключевые слова:** *курортно-рекреационный комплекс, теплофотозлектрическая установка, солнечный концентратор, фотозлектрический модуль, гелиофиль.*

### **Введение**

В настоящее время в Крыму действует 5 солнечных электростанций общей мощностью около 300 МВт (табл. 1). Согласно энергетическим планам компаний, занимающихся строительством этих станций, в ближайшей перспективе мощности сетевых солнечных электростанций по всей территории Крыма могли бы составить около 900 МВт [1]. Однако, в связи с воссоединением Крыма с Россией, эти компании ушли с рынка и строительство пока заморожено. Запланированные мощности ветровых электростанций, которые могут быть построены на Крымском полуострове, составляют более 1000 МВт. Учитывая, что суммарная мощность ветровых и солнечных крымских электростанций может достигать 2000 МВт, можно говорить, что Крым вполне способен самостоятельно обеспечивать себя электрической энергией за счет возобновляемых источников. При этом ещё недавно назад 96 % электроэнергии поставлялось на полуостров из Украины.

Использование солнечных установок для обеспечения тепловой и электрической энергией автономного потребителя является одним из перспективных направлений ресурсо- и энергосбережения для территории Крымского региона [1].

Использование теплофотозлектрических солнечных установок, с одновременной выработкой тепловой и электрической энергии [2], в коммунальном хозяйстве может значительно сократить экономические ресурсы, при оснащении жилых домов солнечными тепловыми и фотозлектрическими установками.

Для экономии кровельных материалов, при разработке проектов и строительстве автономных энергосберегающих домов в Крымском регионе,

авторами статьи предлагается крышу зданий совмещать с гелиосистемой для нагрева теплоносителя с возможностью установки фотоэлементов для выработки электрической энергии [3, 4].

Таблица 1.

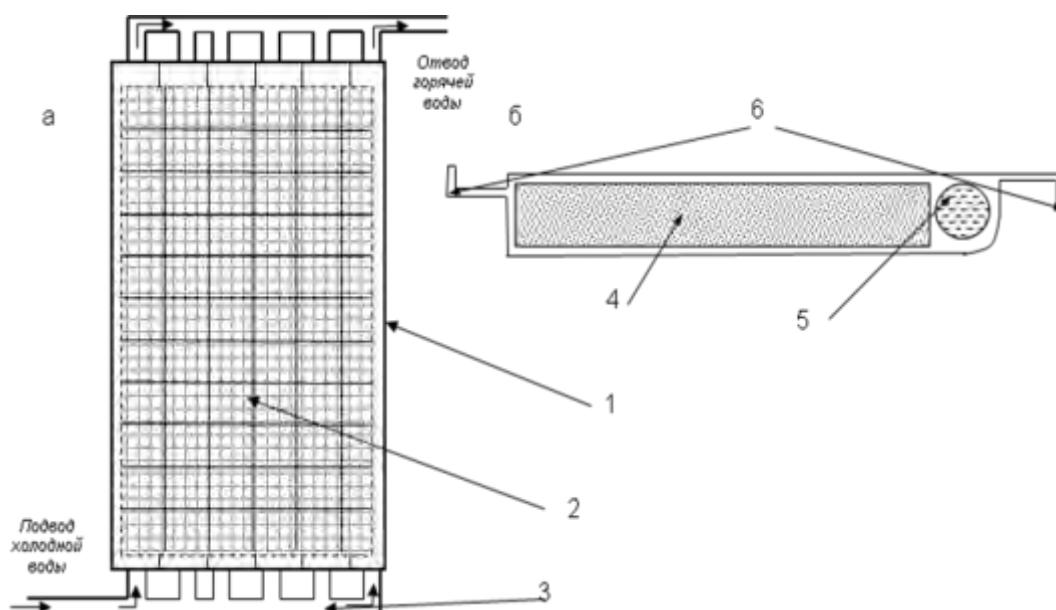
**Действующие солнечные станции в Крыму**

№ п/п	Наименование электростанции	Установленная мощность, МВт	Занимаемая площадь, га	Затраты земли, га/МВт
1	Родниковое	7,5	9-10	1,33
2	Митяево	31,5	38-40	1,3
3	Охотниково	80	100-110	1,4
4	Перово	105	125-130	1,3
5	Николаевка	70	116	1,65
6	Севастопольская	2,5	5	2

Составлено авторами.

**Материалы и методы экспериментальных исследований**

Для реализации выше описанных целей авторами предлагается использовать разработанный и исследованный ими теплофотоэлектрический гелиофиль (рис. 1) [1].



**Рис. 1.** Теплофотоэлектрический гелиофиль (а – приемная поверхность, б – разрез отдельного элемента профиля): 1 – приемная металлическая пластина абсорбера; 2 – кремниевые фотопреобразователи; 3 – трубки для подвода и отвода теплоносителя; 4 – канал для воздуха или теплоаккумулирующего материала; 5 – канал для жидкого теплоносителя; 6 – крепежные элементы профиля (технологические ребра).

На рисунке 2 приведены фотографии гелиопрофилей. Экспериментальные исследования показали [1], что удельные характеристики гелиопрофиля и комбинированного теплофотоэлектрического профиля практически одинаковы и составляют по тепловой мощности до  $0,7 \text{ кВт/м}^2$ . При использовании плоского солнечного концентратора [5] тепловая мощность увеличивается до  $0,9 \text{ кВт/м}^2$ . При этом, теплофотоэлектрический профиль вырабатывает ещё и электрическую энергию, его удельная электрическая мощность составляет до  $0,15 \text{ кВт/м}^2$ , а при использовании плоского солнечного концентратора доходит до  $0,225 \text{ кВт/м}^2$ .



**Рис. 2.** Тепловой гелиофиль (слева), теплофотоэлектрический гелиофиль (по центру), теплофотоэлектрический гелиофиль с концентратором (справа).

При использовании комбинированного гелиопрофиля, в отличие от установки теплового коллектора и фотоэлектрических батарей, при той же мощности получается значительный экономический эффект. В таблице 2 приведены технико-экономические характеристики теплофотоэлектрической установки в сравнении с гелиофильем и фотоэлектрической установкой.

**Таблица 2.**

**Технико-экономические характеристики солнечных установок**

Солнечные установки	Характеристики установок				
	Цена за $1 \text{ м}^2$ установки, \$	Удельная тепловая мощность, $\text{Вт/м}^2$	Удельная электрическая мощность ( $\text{Вт/м}^2$ )	Удельная суммарная мощность ( $\text{Вт/м}^2$ )	Цена за 1 Вт суммарной мощности (\$)
Промышленный гелиофиль	213	700	-	700	0,3
Промышленные гелиофиль и фотоэлектрическая установка	588	700	150	850	0,7
Теплофотоэлектрическая установка	400	700	150	850	0,47

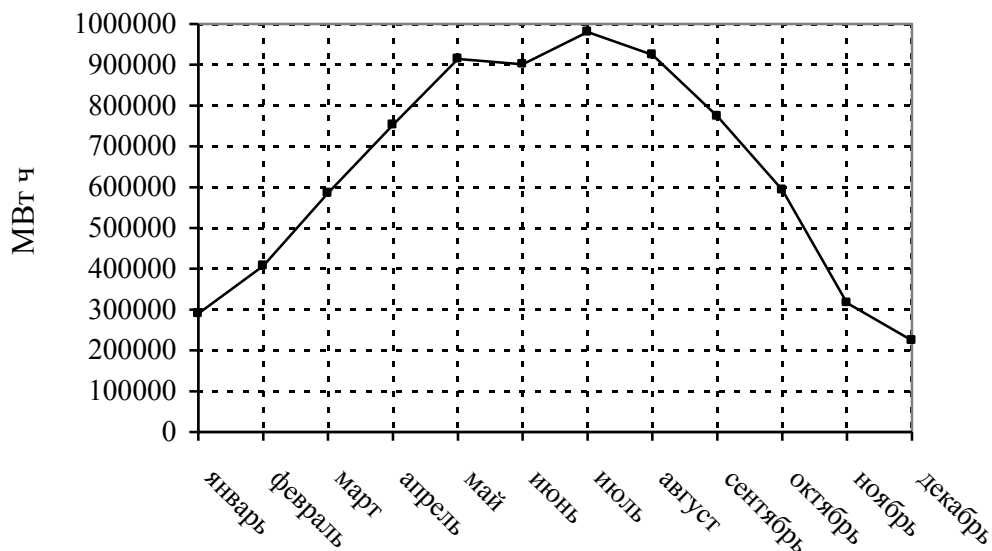
Составлено по [6]

Как видно из таблицы 2 стоимость за 1 Вт установленной мощности при использовании комбинированного гелиопрофиля вместо фотоэлектрических модулей и тепловых профилей сокращается почти на 50 %.

### Результаты и обсуждение практических результатов

Для проведения технико-экономического анализа эффективности использования солнечных установок на территории Крыма, была использована модель расчета гелиотехнических мощностей [6]. Модель была успешно применена для расчета технического потенциала комбинированных солнечных теплофотоэлектрических установок, расположенных на крышах города Симферополя [6].

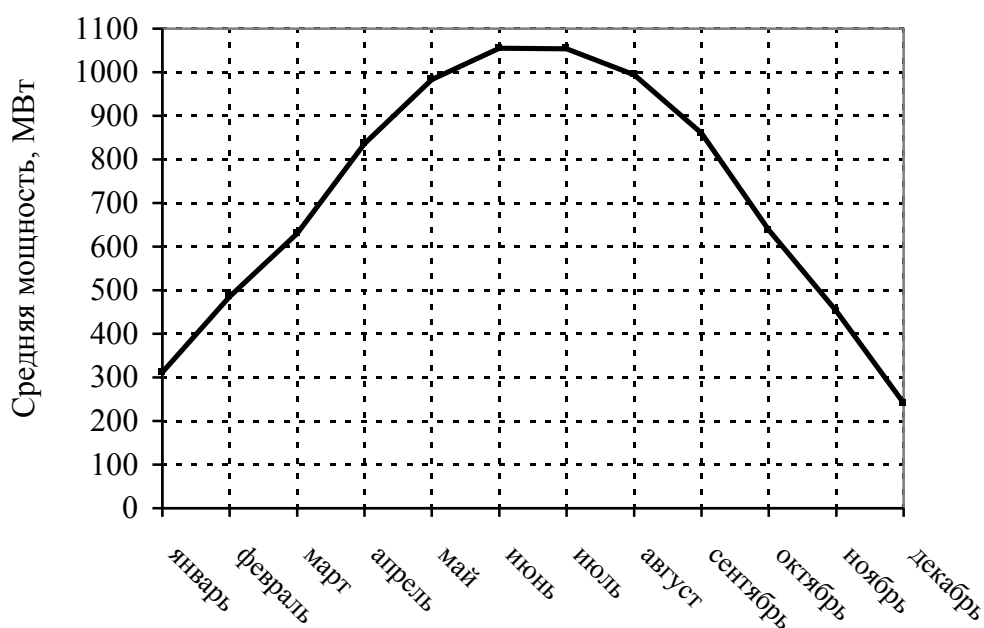
На графиках, изображенных на рисунках 3 и 4, показаны технический потенциал и теоретические мощностные характеристики теплофотоэлектрических установок работающих круглогодично на крышах г. Симферополя.



**Рис. 3.** Технически возможный потенциал солнечной энергии для всех крыш зданий г. Симферополя работающих круглогодично, при оптимальном угле наклона приемных поверхностей.

Как видно из графиков, мощность теплофотоэлектрических установок в летние месяцы составляет более 1000 МВт. При этом согласно таблице 2 можно показать, что суммарная электрическая мощность всех солнечных установок будет составлять около 150 МВт, а тепловая – около 700 МВт. Таких мощностей вполне хватит для обеспечения города.

Следующим этапом исследования являлся расчет экономических показателей теплофотоэлектрических установок в рекреационном комплексе Республики Крым [7].



**Рис. 4.** Средние мощностные характеристики (по месяцам) для теплофотоэлектрических установок, расположенных на всех крышах зданий (г. Симферополь).

По данным управления статистики, в Республике Крым был проведен анализ и подсчитана годовая экономия средств, при использовании теплофотоэлектрических установок в рекреационном комплексе Крыма (по средним ценам на топливо (газ, уголь, жидкое топливо) за 2010-2014 годы) [7].

Согласно анализу, суммарная экономия средств  $C_{эф.}$ , составляет:

$$C_{эф.} = NP \cdot K_{ср.эф.}, \quad (1)$$

где  $N$  – количество здравниц в регионе;  $P_{ср.}$  – средняя мощность ТФСУ для отдельной здравницы;  $K_{ср.эф.}$  – средний мощностной коэффициент экономической эффективности, который показывает экономию средств за год на 1 кВт мощности солнечных установок.

Согласно расчетам, при переводе рекреационных объектов на солнечную энергию, средний мощностной коэффициент экономической эффективности составляет:

$$K_{ср.эф.} = \frac{C_{эф.}}{NP_{ср.}} = 36\$ / кВт \cdot год \quad (2)$$

Используя данные [7] по формулам (1) и (2) можно рассчитать коэффициент экономической эффективности на  $1 \text{ м}^2$  площади рабочей поверхности теплофотоэлектрической установки, внедряемой на рекреационных объектах:

$$\kappa_{эф.} = K_{ср.эф.} P_{уд.} = 36 \$ / кВт \cdot год \cdot 0,75 кВт / м^2 = 27 \$ / м^2 \cdot год, \quad (3)$$

где  $\kappa_{эф.}$  – коэффициент экономической эффективности в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади ТФУ, а 0,75 кВт суммарная теплоэлектрическая мощность с 1 м<sup>2</sup> рабочей поверхности комбинированной установки [7].

При комплексном подходе к переводу объектов рекреационного комплекса на энергосберегающие технологии, расчетные экономические оценки позволяют сделать вывод о значительном экономическом эффекте в суммарном балансе энергопотребления Крыма [7].

### Выводы

При сезонном переводе рекреационных объектов с потребления традиционных топлив на солнечную энергию, без учета ежегодного повышения цен на энергоносители, годовая экономия средств по здравницам Республики Крым может составлять 8 млн \$ (по средним ценам на энергоносители в 2010-2014 годах).

На каждом киловатте мощности работающей теплофотоэлектрической установки возможная экономия средств за счёт традиционных энергоресурсов составляет до 36 \$ в год.

На каждом квадратном метре площади рабочей поверхности теплофотоэлектрической установки, экономия средств за год может составлять около 27,5 \$.

### Литература

1. Кувшинов В. В. Перспективы развития солнечной энергетики в Крыму // Сб. науч. работ СНУЯЭиП. Севастополь. 2013. Вып. 1 (45). С. 182-189.
2. Вейси Ф., Сергиевский Э. Д., Тюхов И. И. Расчет тепловых режимов двухстороннего приемника излучения в статическом солнечном концентраторе. Материалы 4-й Международной научно-технической конференции, 12-13 мая 2004 г., Москва, М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004. Ч. 4. С. 114-120.
3. Колтун М. М. Оптика и метрология солнечных элементов. М.: Наука, 1985. 300 с.
4. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. М.: Энергоатомиздат, 1983. 397 с.
5. Кувшинов В. В. Использование солнечных концентраторов для повышения мощностных характеристик сетевых фотоэлектрических станций // Сб. науч. работ СНУЯЭиП. Севастополь. 2014. Вып. 1 (49). С. 144-149.
6. Башта А. И. Инновационная стратегия развития рекреационной системы на базе энергосбережения. Симферополь, 2011. 325 с.
7. Бобра Т. В., Яценков В. О. Модель расчета энергоэффективности использования гелиосистем на крышах зданий городов // Солнечная энергетика для устойчивого развития Крыма. Симферополь, 2009. С. 234-245.

V. V. Kuvshinov<sup>1</sup>,  
A. I. Bashta<sup>2</sup>

## ***Solar energy for development of recreational complex of Crimea***

---

<sup>1</sup> Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation  
e-mail: kuvshinov.vladimir@gmail.com

<sup>2</sup> V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Research and Education Center Noospherology and Sustainable Noospheric Simferopol, Russian Federation  
e-mail: noc\_nunr@mail.ru

**Abstract.** *The prospects of development of solar energy of Crimea are described. The use of thermophotovoltaic installation in a communal sector is offered Simferopol. An economic effect is shown from their introduction. Full introduction of solar installation is offered in a resort-recreational complex Republic Crimea.*

**Keywords:** *resort-recreational complex, thermophotovoltaic installation, solar concentrator, photovoltaic module, heliostats.*

### **References**

1. Kuvshinov V. V. Perspektivy razvitiya solnechnoy energetiki v Krymu // Sb. nauch. rabot SNUYaEiP. Sevastopol: SNUYaEiP. 2013. Vyp. 1 (45). S. 182-189.
2. Veysi F., Sergiyevskiy E. D., Tyukhov I. I. Raschet teplovykh rezhimov dvukhstoronnego priyemnika izlucheniya v staticheskom solnechnom kontsentratore // Materialy 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. 12-13 maya 2004 g. M.: GNU VIESKh. 2004. Ch. 4. S. 114-120.
3. Koltun M. M. Optika i metrologiya solnechnykh elementov. M.: Nauka. 1985. 300 s.
4. Raushenbakh G. Spravochnik po proyektirovaniyu solnechnykh batarey. M.: Energoatomizdat. 1983. 397 s.
5. Kuvshinov V. V. Ispolzovaniye solnechnykh kontsentratorov dlya povysheniya moshchnostnykh kharakteristik setevykh fotoelektricheskikh stantsiy // Sb. nauch. rabot SNUYaEiP. – Sevastopol. 2014. Vyp. 1 (49). S. 144-149.
6. Bashta A. I. Innovatsionnaya strategiya razvitiya rekreatsionnoy sistemy na baze energosberezheniya. Simferopol. 2011. 325 s.
7. Bobra T. V., Yashchenkov V. O. Model rascheta energoeffektivnosti ispolzovaniya geliosistem na kryshakh zdaniy gorodov // Solnechnaya energetika dlya ustoychivogo razvitiya Kryma. Simferopol. 2009. S. 234-245.

*Поступила в редакцию 05.10.2015г.*