

УДК 621.92

Б. А. Якимович, доктор технических наук, профессор
В. В. Кувшинов, кандидат технических наук
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ТЕРМОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ КРЫМА

Рассматриваются результаты исследования перспективных термофотоэлектрических солнечных установок, позволяющих эффективно получать тепловую и электрическую энергию для использования в курортно-рекреационном и коммунальном хозяйстве Крымского региона и города Севастополя. Предлагается использование термофотоэлектрических гелиопродилей в качестве энергогенерирующих установок. Солнечные термофотогелиоколлекторы совмещают в себе гелиокровлю здания, тепловой солнечный коллектор и фотоэлектрический генератор. Техничко-экономическое обоснование предложенных установок показывает экономию средств от их внедрения более 20 %, при этом значительно уменьшается площадь установки и затраты на монтаж всей системы. Ведущим фактором обеспечения энергетической безопасности Крыма сегодня является использование солнечной энергии для теплоснабжения коммунальных и промышленных объектов полуострова и развитие возобновляемой энергетики региона.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; солнечная термофотоэлектрическая установка; технико-экономическое обоснование использования солнечных установок.

Под технологическим укладом понимается совокупность технологий, характерных для определенного уровня развития производства. С научным и техническим прогрессом происходит переход от более низких укладов к более высоким, прогрессивным [1, 2].

В настоящее время передовые страны переходят к VI технологическому укладу (2020–2060 гг.), одним из важнейших направлений которого является альтернативная энергетика. Актуальными вопросами становятся исследования в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также высокотехнологичных производств для их изготовления и подготовка специалистов [3].

С возвращением Крымского региона в Российскую Федерацию в энергетике полуострова возникли проблемы, связанные с отсутствием необходимых коммуникаций для поставки энергоносителей с Тамани. Непрерывный рост цен на традиционные энергоносители и электрическую энергию, получаемую в основном от сжигания ископаемого топлива, обусловлен, прежде всего, ростом себестоимости добываемого топлива и увеличением затрат на его транспортировку, что для Крымского региона становится решающим фактором. В то же время наблюдается устойчивая тенденция снижения стоимости энергии, получаемой от возобновляемых источников.

Сегодня перед Крымом поставлена задача по снижению потребления традиционных топливно-энергетических ресурсов за счет использования альтернативных источников энергии. Этого можно добиться путем внедрения установок по прямому преобразованию солнечной энергии. Использование солнечной энергии для теплоснабжения коммунальных и промышленных объектов является одним из путей обеспечения энергетической безопасности Крыма и занимает важное место в развитии возобновляемой энергетики полуострова. С современным развитием науки и техники все больше стало появляться солнечных установок, при работе которых с одной и той же рабочей поверхности одновременно может вырабатываться тепловая и электрическая

энергия. Такие установки можно с уверенностью отнести к новому классу гелиотехники – термофотоэлектрические солнечные установки. Использование комбинированных термофотоэлектрических установок дает заметную экономию материалов для их изготовления на единицу мощности, увеличивает их суммарный коэффициент преобразования (КП) и эффективность использования. Это объясняется тем, что абсорберы тепловых гелиосистем и фотоэлектрические преобразователи солнечных батарей преобразуют различные длины волн солнечного спектра, поэтому с одной рабочей поверхности можно получать как тепловую, так и электрическую энергию [4].

Исследования по измерению энергетических характеристик солнечной термофотоэлектрической установки проводились в натуральных условиях на территории лаборатории кафедры «Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети» (ВИЭЭСС) Севастопольского государственного университета (СевГУ) в течение 2017 г. (рисунок). Эти установки представляют комбинацию абсорберов плоских гелиоколлекторов, на приемной стороне которых находятся кремниевые элементы, а внутри абсорбера – трубки для жидкого теплоносителя. Электрическая мощность системы определяется мощностью солнечных элементов, а тепловая мощность – площадью и эффективностью абсорбера. За счет более низкой температуры внизу гелиопродила при циркуляции теплоносителя происходит охлаждение элементов, что улучшает качество их работы [5]. Общая мощность комбинированной установки ($P_{\text{КУ}}$) равна сумме мощностей тепловой (P_{T}) и фотоэлектрической частей ($P_{\text{ФЭ}}$) установок.

Электрическая мощность исследуемой части термофотоэлектрической установки составляет 50 Вт при максимальной освещенности 1000 Вт/м². При проведении экспериментов (ясный солнечный день) освещенность составляла около 900 Вт/м², соответственно, суммарная максимальная тепловая и электрическая мощность установки составляла около 700 Вт.



Термофотоэлектрическая солнечная установка на территории кафедры ВИЭСС в СевГУ

Приведенные экспериментальные данные показывают, что регулирование температурного режима может значительно увеличивать выработку фотоэлектрической части установки в два раза [6].

Для проведения технико-экономического анализа эффективности использования солнечных установок на территории Крыма была рассмотрена возможность установки термофотоэлектрических гелиопрофилей на крышах города и расчет их энергетического потенциала. Комбинированная термофотоэлектрическая установка представляет собой полноразмерный промышленный гелиопрофиль, предназначенный непосредственно для монтажа кровельного покрытия жилых домов. Эти установки одновременно преобразуют всю падающую на них солнечную радиацию в тепло и электроэнергию, т. е. одновременно нагревают теплоноситель и являются электрическим генератором постоянного тока.

Серьезным препятствием для широкого использования установок с ВИЭ сегодня являются неблагоприятные экономические условия на потребительском

рынке, высокие начальные инвестиционные затраты и, как часто бывает, недоверие со стороны инвесторов и потребителей к новым творческим техническим решениям.

Экономическая эффективность нового технологического решения определяется на основе сопоставления величин показателей внедряемого и базового вариантов. Отличие возобновляемых источников энергии от традиционных заключается в том, что не требуется никаких дополнительных затрат, т. к. сырьем для производства энергии служат природные ресурсы (Солнце), а установка солнечных батарей на крышах зданий не требует дополнительных площадей. При этом цены на энергию, производимую традиционными топливными генераторами, не отражают полную стоимость, включающую затраты общества на ухудшающие условия окружающей среды, вызванного их использованием. Экономическая целесообразность использования ВИЭ определяется комплексом факторов и зависит от природно-климатических условий, запасов топливно-энергетических ресурсов, цен на используемое топливо, технологического потенциала, энергетической политики государства и т. д.

Технико-экономическое обоснование использования установок с ВИЭ основано на сравнении четырех альтернативных вариантов, и имеет место выбор оптимальных параметров, конструктивного исполнения энергообъекта и его отдельных элементов. Критерием оптимальности энергообъекта является себестоимость 1 Вт/ч произведенной энергии.

Экономические характеристики термофотоэлектрической установки в сравнении с тепловым гелиопрофилем без фотоэлементов и фотоэлектрическим модулем (размеры, тепловая и электрическая мощность установок одинакова) представлены в таблице. Удельная стоимость 1 Вт суммарной мощности фотоэлектрического модуля и 1 м² солнечного коллектора (гелиопрофиля без фотоэлементов) составляет 27 руб., а удельная стоимость термофотоэлектрической установки 21,76 руб.

Экономические характеристики термофотоэлектрической установки в сравнении с гелиопрофилем и фотоэлектрическим модулем*

Солнечные установки	Характеристики установок				
	цена за 1 м ² установки, руб.	удельная тепловая мощность, Вт/м ²	удельная электрическая мощность, Вт/м ²	удельная суммарная мощность, Вт/м ²	средняя цена за 1 Вт мощности, руб.
Фотоэлектрические модули	9000	–	150	150	60
Промышленный гелиопрофиль	14000	700	–	700	20
Термофотоэлектрический гелиопрофиль	18500	700	150	850	21,76
Промышленные гелиопрофиль и фотоэлектрические модули	23000	700	150	850	27

*Без учета стоимости монтажных работ.

Согласно таблице, видно, что экономия средств на 1 м² при производстве и монтаже термофотоэлектрической установки составляет (более 20 %):

$$C_{\text{эк}} = 23000 - 18500 = 4500 \text{ руб/м}^2,$$

С учетом монтажа экономия средств ($C_{\text{эк}}$) существенно увеличится размер стоимости монтажных

работ по установке фотоэлектрических модулей. Согласно экономическим расчетам фирм-изготовителей солнечных установок, суммарная экономия средств составляет более 30 % [7]. Производство термофотоэлектрических панелей на основе серийных установок позволит сократить затраты на выпуск абсорбторов с дорогими селективными покрытиями и на ма-

териалы для производства конструкций фотоэлектрических модулей, объединив их в одну установку.

При расчетах не учитывается стоимость монтажных площадей (для термофотоэлектрической установки эта площадь меньше на размер площади фотоэлектрических модулей), что в условиях густо застроенных городов прибрежной зоны Крыма может иметь значительный социально-экономический эффект от внедрения термофотоэлектрических установок.

При использовании предложенных установок для обеспечения тепловой и электрической энергией автономных потребителей Крымского региона можно сделать следующие выводы:

1. Использование такого типа солнечных установок может значительно повысить суммарный КПД, а также позволит заметно сэкономить площади для установки необходимых мощностей солнечных систем для выработки тепловой и электрической энергии.

2. Учитывая дефицит земли на южном берегу Крыма и города Севастополя, использование встроенных в кровлю зданий термофотоэлектрических гелиопрофилей позволяет значительно сэкономить большие площади, требуемые для установки фотоэлектрических и тепловых установок.

3. Экономия средств на обслуживании предложенных солнечных энергоустановок, а также значительное сокращение потребления органического то-

плива, поставляемого с материка, значительно упрощает задачу по энергонезависимости полуострова Крым.

Библиографические ссылки

1. Львов Д. С. Эффективное управление техническим развитием. – М.: Экономика, 1990.
2. Глазьев С. Ю. Выбор будущего. – М.: Алгоритм, 2005.
3. Соломенникова С. И. Применение компетентностного подхода для оценки персонала производств высокотехнологического сектора промышленности // Вестник ИжГТУ. – 2011. – № 1. – С. 139–140.
4. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1988. – 413 с.
5. Пат. 150121 Российская Федерация; МПК Н 01 L 31/00. Фототермопреобразователь солнечной энергии / Кувшинов В. В., Башта А. И., Сафонов В. А.; патентообладатель Кувшинов В. В. – № 2014149414/93; заявл. 17.10.2014; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.
6. Методика определения тепловых характеристик фототермических модулей / В. П. Кучинский [и др.] // Возобновляемая энергетика. – 2006. – № 4. – С. 44–47.
7. Башта А. И., Кувшинов В. В. Экономическое обоснование использования гелиопрофиля для автономного энергосберегающего дома // Вестник социально-экономических исследований. – 2011. – С. 12–16.

B. A. Yakimovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor
V. V. Kuvshinov, PhD in Engineering
Sevastopol State University

USE OF THERMOELECTRIC PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN THE COMMUNAL SECTOR OF THE CRIMEA

The results of investigations of thermoelectric photovoltaic installations for use in the resort and recreational and communal services of the Crimean region and the city of Sevastopol are presented. The use of thermoelectric photovoltaic helioprofiles as a power generating unit is proposed. Solar thermo-photogelo-collectors combine the helio-roof of the building, the thermal solar collector and the photoelectric generator. By changing the temperature of the coolant of the helio profile, it is possible to regulate the temperature of semiconductor (silicon) photocells. When the temperature of the elements decreases, the production of electrical energy is considerably increased. The feasibility study of the proposed facilities shows a savings of funds from their implementation of more than 20%, while significantly reducing the installation area and installation costs of the entire system. The leading factor in ensuring the energy security of Crimea today is the use of solar energy for heat supply of communal and industrial facilities of the peninsula and the development of renewable energy in the region.

Keywords: renewable energy; solar thermophotovoltaic plan; feasibility study of solar installations.