



УДК 620.91

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КРОВЕЛЬНОЙ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛАНАРНОЙ ПАНЕЛИ

Панченко Владимир Анатольевич

кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник
Российский университет транспорта МИИТ, Москва,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

Аннотация

В работе описан процесс изготовления и определение основных параметров теплофотоэлектрической кровельной панели планарной конструкции, предназначенной для одновременной генерации электричества и тепла. Основа панели изготовлена с помощью аддитивных технологий, реализуемых с помощью трёхмерной печати. Использование полисилоксанового компаунда для герметизации фотоэлектрических преобразователей позволяет улучшить их работу и срок номинальной мощности.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечная планарная кровельная панель, фотоэлектрические преобразователи, теплофотоэлектрический модуль, эффективность.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE ROOFING PHOTOVOLTAIC THERMAL PLANAR PANEL

Vladimir A. Panchenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
Russian University of Transport, Moscow,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow

ABSTRACT

The paper describes the manufacturing process and the determination of the main parameters of the photovoltaic thermal roofing panel of planar design, intended for the simultaneous generation of electricity and heat. The basis of the panel is made using additive technologies, implemented by three-dimensional printing. The use of polysiloxane compound for sealing photovoltaic converters improves their performance and term of the rated power.

Keywords: solar energy, solar planar roofing panel, photovoltaic converters, photovoltaic thermal module, efficiency.

Большинство современных солнечных модулей имеют плоскую планарную структуру, форму прямоугольника и устанавливаются на крыше здания или поверхности земли [1]. Для установки на крышу здания необходим защитный материал, который будет находиться под самими модулями, а также различный крепёжный профиль. Подобного рода крышные электростанции меняют внешний вид здания и не всегда в лучшую

сторону с эстетической точки зрения. Для сохранения привычной структуры крыши разработаны солнечные кровельные панели различной конструкции [2]. На рисунке 1 представлены фотоэлектрические кровельные панели планарной и концентраторной конструкции. При использовании солнечных кровельных панелей отпадает необходимость установки дополнительного защитного покрытия под солнечными модулями, основа панелей изготавливается из вторичного сырья, концентраторы солнечного излучения [3 – 6] уменьшают количество необходимых фотоэлектрических преобразователей, а используемый полисилоксановый компаунд увеличивает срок их номинальной мощности [7, 8].



Рисунок 1. Фотоэлектрические кровельные панели планарной (слева) и концентраторной конструкции (справа)

При работе фотоэлектрических солнечных модулей стандартной и кровельной конструкций фотоэлектрические преобразователи значительно нагреваются, следствием чего является снижение их электрической эффективности [9, 10]. Для устранения этого отрицательного воздействия на фотоэлектрические преобразователи предложена конструкция теплофотоэлектрической кровельной панели, где фотоэлектрические преобразователи охлаждаются благодаря циркуляции охлаждающего теплоносителя (рис. 2).

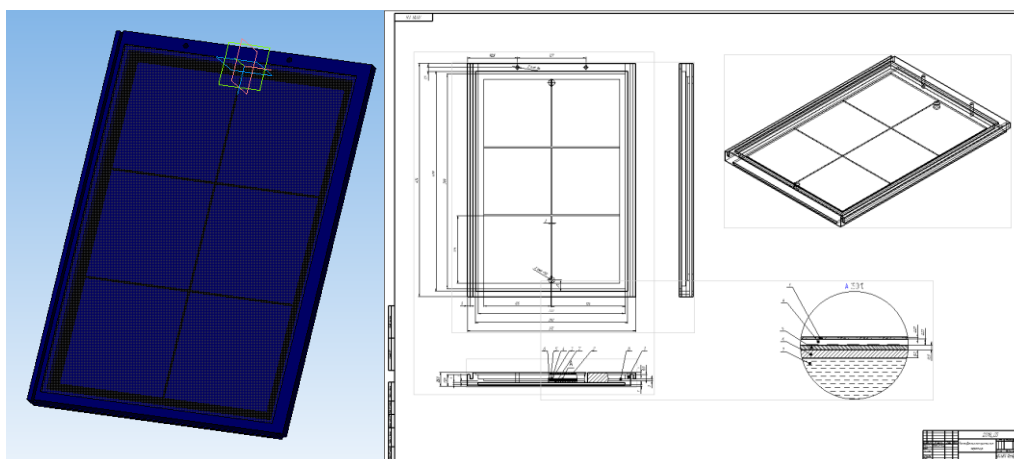


Рисунок 2. Трёхмерная модель теплофотоэлектрической планарной кровельной панели (слева) и её сборочный чертёж (справа)

Для изготовления пластиковой подложки планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели разработана методика изготовления компонентов солнечных модулей с помощью аддитивных технологий, реализуемая с помощью системы автоматизированного проектирования, слайсера и 3D принтера (рис. 3 слева). Процесс подготовки трёхмерной детали в виде подложки кровельной панели в слайсере 3D принтера представлен на рисунке 3 посередине. Процесс послойной печати

пластиком с помощью 3D принтера подготовленной трёхмерной модели подложки в слайсере представлен на рисунке 3 справа.

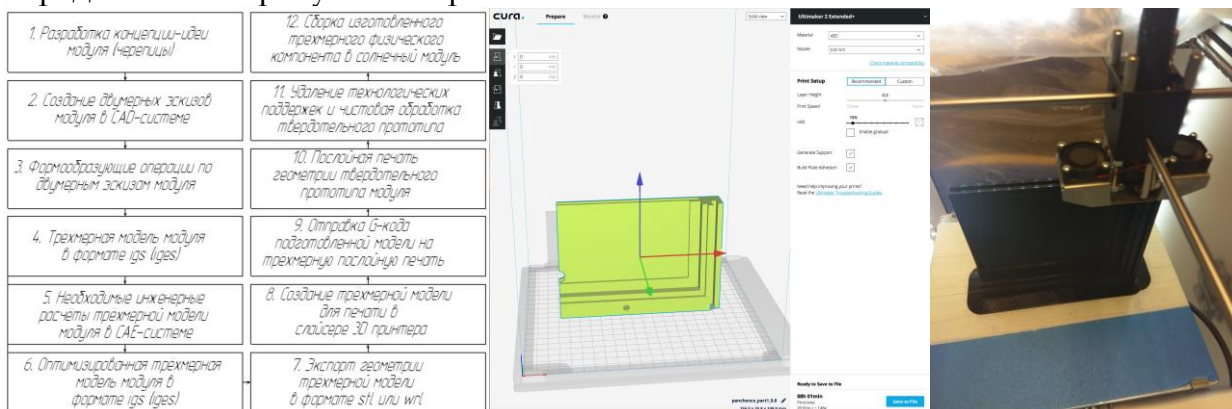


Рисунок 3. Методика изготовления компонентов солнечных модулей с помощью аддитивных технологий (слева), подготовка трёхмерной детали в слайсере к печати (слева) и процесс печати на 3D принтере подготовленной трёхмерной модели (справа)

С помощью технологии герметизации двухкомпонентным полисилоксановым компаундом изготовлен фотоприёмник планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля (рис. 4 слева). В состав фотоприёмника входят 6 кремниевых монокристаллических фотоэлектрических преобразователя с размерами 125 × мм 125 мм каждый, соединённых последовательно, радиатор, двухкомпонентный полисилоксановый компаунд и защитная прозрачная тонкая лицевая плёнка. Основа-подложка кровельной панели, изготовленная с помощью трёхмерной послойной печати, представлена на рисунке 4 справа.

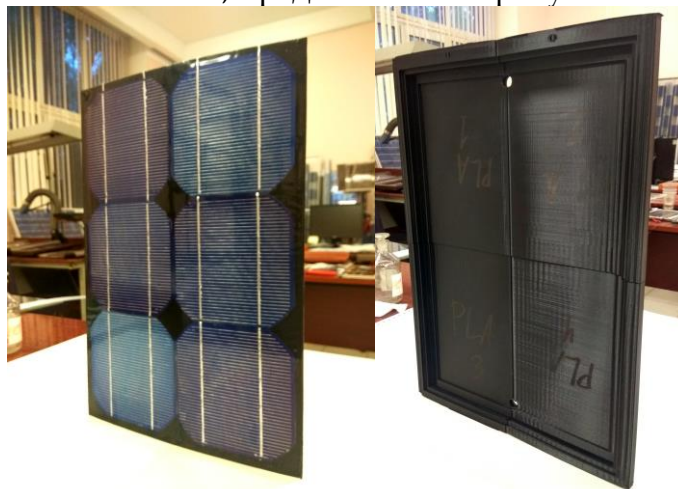


Рисунок 4. Фотоприёмник планарной теплофотоэлектрической кровельной панели (слева) и пластиковая основа-подложка (справа)

Для сборки планарной теплофотоэлектрической кровельной панели наряду с фотоприёмником и основой-подложкой также использовалось закалённое стекло с уменьшенным содержанием оксида железа с целью уменьшения оптических потерь и образования теплового зазора для обеспечения теплоизоляционного слоя с целью уменьшения тепловых потерь модуля (рис. 5). Также закалённое стекло выполняет защитную функцию хрупких фотоэлектрических преобразователей.

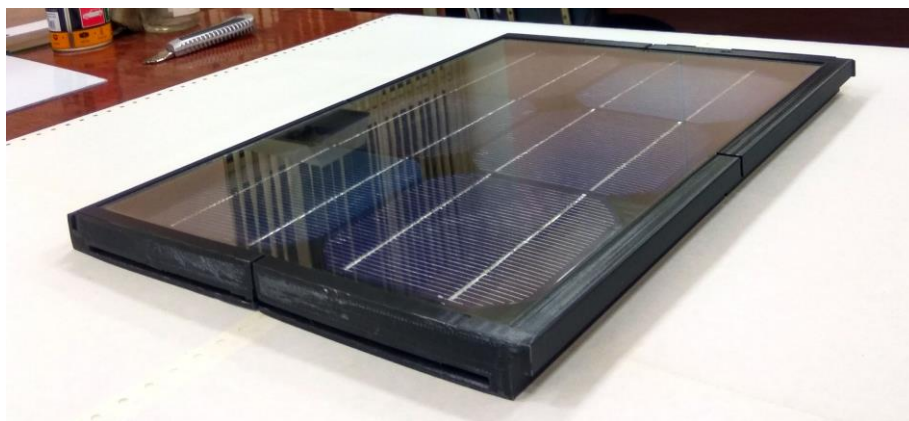


Рисунок 5. Планарная теплофотоэлектрическая кровельная панель в сборе

Изготовленный образец стационарного теплофотоэлектрического модуля в виде кровельной панели замерен на имитаторе солнечного излучения с одиночной длинноимпульсной вспышкой PICO SOLAR с целью определения лабораторной вольтамперной характеристики электрической части кровельной панели (рисунок 6).



Рисунок 6. Вольтамперная характеристика стационарного теплофотоэлектрического модуля в виде кровельной панели

Следует отметить, что при изготовлении планарной теплофотоэлектрической кровельной панели применялись рядовые кремниевые фотоэлектрические преобразователи с невысокой электрической эффективностью ввиду отработки технологии изготовления. В дальнейшем в качестве электрогенерирующих элементов планируется применять монокристаллические кремниевые фотоэлектрические преобразователи с контактной сеткой на одной стороне элемента, с более высокой электрической эффективностью (20 – 22 %) и соответственно большей электрической мощностью. При использовании такого типа фотоэлектрических преобразователей электрическая мощность одной теплофотоэлектрической кровельной панели составит 20 Вт, а электрической эффективности удастся добиться около 20 % при использовании двухкомпонентного полисилоксанового компаунда в процессе герметизации фотоэлектрических преобразователей [7, 8].

Наряду с определением вольтамперной характеристики изготовленной теплофотоэлектрической кровельной панели определялись также его конструктивные, массогабаритные, и тепловые параметры. Основные параметры кровельной теплофотоэлектрической панели внесены в таблицу 1. В скобках указаны электрические значения при использовании фотоэлектрических преобразователей с односторонней

контактной сеткой и электрической эффективностью около 20 %, которые планируются использовать в серийном производстве стационарных теплофотоэлектрических модулей в виде кровельных панелей.

Таблица 1.

Основные конструктивные, массогабаритные и тепловые параметры теплофотоэлектрической кровельной панели

Длина кровельной панели, мм	434
Ширина кровельной панели, мм	312
Толщина кровельной панели, мм	26
Масса кровельной панели, кг	2,5
Срок номинальной мощности, лет	40 – 50
Материал абсорбера-радиатора	Алюминий (медь)
Ток в рабочей точке, А	4,6 (5,8)
Напряжение в рабочей точке, В	2,5 (3,4)
Мощность, Вт	11 (20)
Коэффициент заполнения ВАХ, %	60 (75)
КПД фотопреобразования, %	13 (20)
Материал основы-подложки	Пластик (вторичный пластик)
Температура эксплуатации панели, °С	- 50 ... + 90
Теплоноситель	Вода (воздух, фреон)
Объём теплоносителя в панели, л	0,3
Расход теплоносителя, л/мин	... 0,1 – 1 ... (регулируемый)
Температура теплоносителя на входе, °С	10 – 30
Температура теплоносителя на выходе, °С	35 – 55

В результате проведённых работ созданы три различные технологические инструкции, с помощью которых планируется изготавливать солнечные теплофотоэлектрические кровельные панели с заламинированными и капсулированными фотоэлектрическими преобразователями. Кровельные панели фотоэлектрического и теплофотоэлектрического типов позволят варьировать электрической и тепловой мощностью в зависимости от потребностей потребителя, изменяя отношение различных типов панелей в системе. Теплофотоэлектрические кровельные панели позволяют повысить общую эффективность солнечного модуля до 70 %, использование вторичного пластика положительно сказывается на экологии и экономике производства, использование двухкомпонентного полисилоксанового наполнителя увеличит срок службы, а внешний вид панелей удачно впишется в архитектуру зданий и строений.

Список литературы

1. Панченко В.А. Обзор и применение солнечных модулей, разрабатываемых и выпускаемых ГНУ ВИЭСХ // Вестник ВИЭСХ, 2014, № 4 (17), с. 20 – 29
2. Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Панченко В.А., Филиппченкова Н.С. Солнечные кровельные панели для программы "Миллион солнечных крыш в России" // Сантехника, отопление, кондиционирование, 2017, №7 (187), с. 64-67.
3. Сеницын С.А. Моделирование линейных погрешностей при конструировании поверхности концентратора солнечного модуля // Научный электронный журнал Меридиан, 2020, № 4 (38), с. 219-221.

4. Синицын С.А. Энтропийная погрешность при моделировании конструктивных форм теплофотоэлектрических солнечных модулей // Научный электронный журнал Меридиан, 2020, № 3 (37), с. 438-440.
5. Синицын С.А. Информационная методика управления качеством поверхности солнечного концентратора, заданной дискретным множеством точек // E-Scio, 2020, № 1 (40), с. 421-427.
6. Синицын С.А., Стребков Д.С., Панченко В.А. Паркетирование поверхности параболического концентратора солнечного теплофотоэлектрического модуля по заданным дифференциально-геометрическим требованиям // Геометрия и графика, 2019, Т. 7, № 3, с. 15 – 27.
7. Стребков Д.С., Персиц И.С., Панченко В.А. Солнечные модули с увеличенным сроком службы // Инновации в сельском хозяйстве, № 3(8)/2014, с. 154 – 158.
8. Панченко В.А., Стребков Д.С., Персиц И.С. Разработка солнечных модулей с увеличенным сроком номинальной работы // Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики Сборник трудов III всероссийской научной конференции 19-20 июня 2015 г., Чебоксары, с. 91 – 94.
9. Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК, 2019, 2 (35), с. 71 – 77.
10. Панченко В.А., Филиппченкова Н.С. Теплофотоэлектрические бесконцентраторные солнечные модули (гибридные солнечные коллекторы) // Инновации в сельском хозяйстве, № 5 (15) /2015, с. 128 – 133.

References

1. Panchenko V.A. Review and application of solar modules developed and manufactured by GNU VIESH // Bulletin of VIESH, 2014, No. 4 (17), p. 20 – 29 [in Russian].
2. Strebkov D.S., Kirsanov A.I., Panchenko V.A., Filippchenkova N.S. Solar roofing panels for the program "Million Solar Roofs in Russia" // Plumbing, heating, air conditioning, 2017, No. 7 (187), p. 64-67 [in Russian].
3. Sinitsyn S.A. Modeling linear errors in constructing the surface of a solar module concentrator // Scientific electronic journal Meridian, 2020, No. 4 (38), p. 219-221 [in Russian].
4. Sinitsyn S.A. Entropy error in modeling the structural forms of photovoltaic thermal solar modules // Scientific electronic journal Meridian, 2020, No. 3 (37), p. 438-440 [in Russian].
5. Sinitsyn S.A. An information technique for controlling the surface quality of a solar concentrator defined by a discrete set of points // E-Scio, 2020, No. 1 (40), p. 421-427 [in Russian].
6. Sinitsyn S.A., Strebkov D.S., Panchenko V.A. Surface parqueting for a parabolic concentrator of a solar photovoltaic thermal module according to specified differential geometric requirements // Geometry and Graphics, 2019, V. 7, No. 3, p. 15 – 27 [in Russian].
7. Strebkov D.S., Persits I.S., Panchenko V.A. Solar modules with extended life // Innovations in Agriculture, No. 3 (8) / 2014, p. 154 – 158 [in Russian].
8. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Persits I.S. Development of solar modules with an extended nominal life // Nanostructured materials and converting devices for solar energy Proceedings of the III All-Russian Scientific Conference June 19-20, 2015, Cheboksary, p. 91 – 94 [in Russian].
9. Panchenko V.A. Modeling of solar photovoltaic thermal modules // Electrotechnologies and electrical equipment in the agro-industrial complex, 2019, 2 (35), p. 71 - 77 [in Russian].

10. Panchenko V.A., Filippchenkova N.S. Photovoltaic thermal concentratorless solar modules (hybrid solar collectors) // Innovations in Agriculture, No. 5 (15) / 2015, p. 128 – 133 [in Russian].