



УДК 620.91

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПЛАНАРНОЙ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КРОВЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ

Панченко Владимир Анатольевич

кандидат технических наук, доцент

Российский университет транспорта, кафедра “Теоретическая и прикладная механика”

г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

roat@miit.ru

Аннотация

В статье представлено описание конструкции и принципа работы солнечного модуля в виде кровельной панели, которая наряду с электрической энергией позволяет получать на выходе и нагретый теплоноситель. Подобного рода солнечные модули совмещают в себе функции строительного материала, фотоэлектрического солнечного модуля и солнечного коллектора, что значительно снизит стоимость строительства и энергоснабжения зданий и сооружений.

Ключевые слова: солнечная энергия, кровельный материал, солнечный коллектор, фотоэлектрический модуль, когенерация.

CONSTRUCTION AND OPERATING PRINCIPLE OF THE PLANAR PHOTOVOLTAIC THERMAL ROOFING PANEL

Vladimir A. Panchenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Russian University of Transport, Department of Theoretical and Applied Mechanics, Moscow,

Obraztsova st., 9, building 9

roat@miit.ru

ABSTRACT

The article presents a description of the design and principle of operation of the solar module in the form of a roofing panel, which, along with electrical energy, allows to receive a heated coolant at the outlet. Solar modules of this kind combine the functions of a building material, a photovoltaic solar module and a solar collector, which will significantly reduce the cost of construction and power supply of buildings and structures.

Key words: solar energy, roofing material, solar collector, photovoltaic module, cogeneration.

В современном мире внедрение солнечных станций развивается стремительными темпами, а актуальные задачи, поставленные перед мировыми державами в области экологии и энергоперехода с использованием возобновляемых источников энергии, будут обеспечивать столь бурное развитие солнечной энергетики и в ближайшие десятилетия.

В большинстве своём солнечные модули представляют собой фотоэлектрические системы или тепловые солнечные коллекторы. Исполнение солнечных модулей может быть как планарным (плоским) [1, 2], так и концентраторным (с использованием концентраторов солнечного излучения различных типов). При моделировании и проектировании подобного рода концентраторов большое внимание уделяется точности формообразования профиля [3 - 5], что значительно усложняет и удорожает проводимые работы.

Для уменьшения занимаемой площади и возможности комбинации этих двух типов солнечных модулей (фотоэлектрического и теплового) целесообразно применение солнечных теплофотоэлектрических кровельных панелей, которые, в свою очередь, также являются и строительным материалом.

Технической задачей разработанной планарной солнечной теплофотоэлектрической кровельной панели является производство электроэнергии и тепла для энергоснабжения объектов сельскохозяйственного и индивидуального назначения.

На рисунке 1 представлена теплофотоэлектрическая планарная кровельная панель, которая состоит из основы – корпуса 1, изготовленного из полимерного материала, например, вторичного пластика, к которому крепятся все остальные компоненты. Шесть фотоэлектрических кремниевых преобразователей 2 соединены последовательно, загерметизированны с помощью двухкомпонентного полисилоксанового компаунда 3 или этиленвинилацетатных плёнок путем ламинирования, тонкой прозрачной плёнкой 4 и бутиловой клейкой ленты 5 по периметру пакета, которую наносят на зачернённый металлический лист-абсорбер радиатора 6. Радиатор 6 омывается с тыльной стороны жидким или газообразным теплоносителем 7. С лучевоспринимающей стороны плёнка 4 солнечного модуля соприкасается с теплоизоляционной газовой прослойкой 8, которая в свою очередь ограничена защитным стеклом 9 с высокой оптической прозрачностью. Корпус 1 кровельной панели является ёмкостью для теплоносителя 7 радиатора 6. В корпусе 1 имеется специальная полость 10, в которой находится теплоизоляционная газовая прослойка или твердая теплоизоляция, служащая для теплоизоляции теплоносителя 7. Для подвода и отвода теплоносителя 7 используются специальные отверстия 11 и 12, расположенные с тыльной и лицевой сторон корпуса 1 панели. Для герметичности в отверстия 11 и 12 впрессовывают гидравлические штуцеры, герметично соединённые между собой путём наложения нижней тыльной части одной панели на верхнюю лицевую часть второй панели, таким образом, что лучевоспринимающие прозрачные части кровельных панелей остаются не затенёнными. Для электрической коммутации кровельных панелей они последовательно соединяются для увеличения выходного напряжения с помощью герметичных штекеров 13 и 14 с положительным знаком на входе и на выходе, а также с помощью герметичных штекеров 15 и 16 с отрицательным знаком на входе и на выходе. Крепление теплофотоэлектрической кровельной панели к крыше – жёсткое с помощью отверстий 17 в верхней части корпуса 1.

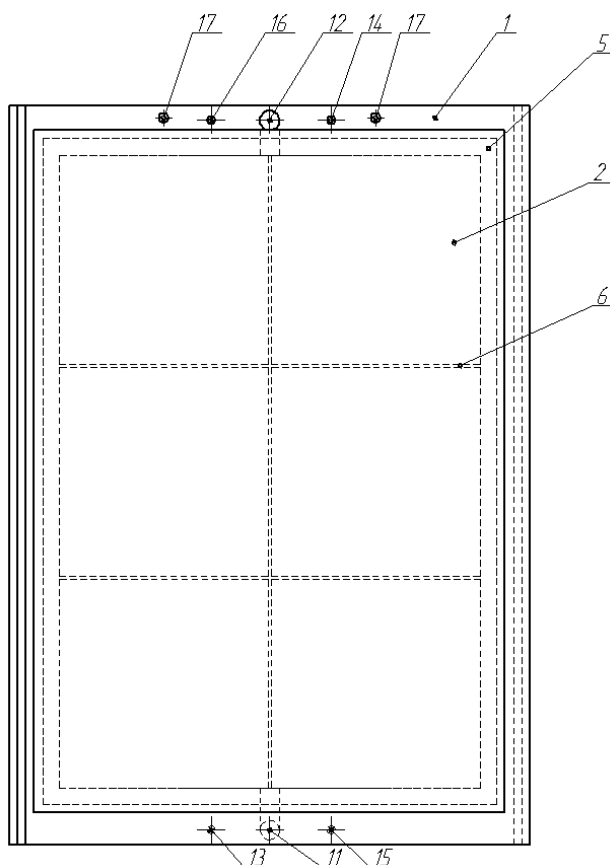


Рисунок 1. Теплофотоэлектрическая планарная кровельная панель (не указанные позиции показаны на рисунке 2)

Благодаря охлаждению фотоэлектрических кремниевых преобразователей 2 и использованию полисилоксанового двухкомпонентного компаунда 3 в процессе их герметизации, эффективность выработки электроэнергии увеличивается. На рисунке 2 представлена теплофотоэлектрическая планарная кровельная панель (вид спереди), а также увеличенный выносной элемент кровельной панели с загерметизированными фотоэлектрическими кремниевыми фотопреобразователями с двухкомпонентным полисилоксановым компаундом и радиатором с водяным охлаждением.

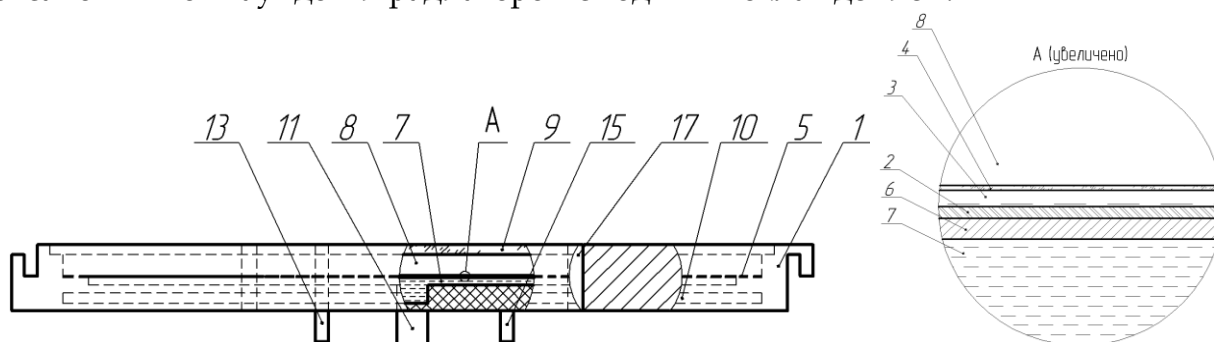


Рисунок 2. Теплофотоэлектрическая планарная кровельная панель (слева), а также увеличенный выносной элемент кровельной панели (справа) (не указанные позиции показаны на рисунке 1)

Использование тонкой прозрачной плёнки 4 при герметизации фотоэлектрических преобразователей 2 облегчает и удешевляет конструкцию. Применение тыльного охлаждения фотоэлектрических кремниевых преобразователей 2 увеличивает общую эффективность теплофотоэлектрической планарной кровельной панели. Небольшая

толщина зазора между радиатором 6 фотоэлектрических преобразователей 2 и корпусом 1 (около 3 мм) позволяет более эффективно отводить тепловую энергию от фотоэлектрических преобразователей 2. Обеспечение электроизоляции фотоэлектрических преобразователей 2 с одновременным окрашиванием, например в чёрный цвет, радиатора 6 с помощью применения микродугового оксидирования, позволяет получить тонкий (около 5 – 8 мкм, что соответствует сопротивлению напряжения пробоя 500 – 800 В) с высокой теплопроводностью (при оксидировании алюминия около 230 Вт/м·град) электроизоляционный и теплопроводный слой на тонком листе алюминиевого радиатора 6. Теплоизоляция с лицевой и тыльной сторон теплоносителя 7 обеспечивает увеличение тепловой эффективности кровельной панели. В качестве защитного элемента использовано закалённое стекло 9, которое одновременно является компонентом теплоизоляции, ограничивающим теплоизоляционную газовую прослойку 8. Использование, например, вторичного полиэтилена в конструкции корпуса 1 теплофотоэлектрической кровельной панели позволяет снизить общую стоимость панели и уменьшить загрязнение окружающей среды. Использование проточной системы, где жидкий теплоноситель 7 движется под действием силы тяжести сверху вниз, а соединение кровельных панелей между собой происходит без трубопроводов непосредственно в корпусах 1, упрощает и удешевляет конструкцию гидравлической системы, уменьшает тепловые потери при перемещении теплоносителя 7 между панелями. Коммутация фотоэлектрических преобразователей 2 между собой происходит без проводов непосредственно с помощью штекеров 13, 14, 15 и 16, расположенных в корпусах 1 кровельных панелей, что упрощает и удешевляет электрическую систему, а также уменьшает электрические потери. Для создания в системе кровельных панелей термосифонного эффекта применяют теплоноситель 7 в виде газов или легкокипящих фреонов, что позволяет обойтись без циркуляционных насосов. Долговечность кровельных панелей с фотоэлектрическими преобразователями 2 обеспечивается на уровне традиционных кровельных материалов. Уменьшение электрической эффективности фотоэлектрических преобразователей 2 под воздействием солнечного излучения падает незначительно за 40 лет эксплуатации, и даже через продолжительный период времени фотоэлектрические преобразователи 2 в состоянии обеспечить выработку электроэнергии. В теплофотоэлектрической планарной кровельной панели используется весь спектр солнечного излучения для выработки электрической энергии и теплоты, увеличивается отвод тепла от фотоэлектрических преобразователей 2 за счёт теплового контакта их с радиатором 6 и теплоносителем 7, увеличивается выработка энергии и снижается её стоимость.

Последовательно соединённые фотоэлектрические кремниевые преобразователи 2 загерметизированы с помощью двухкомпонентного компаунда 3, плёнки 4 и ленты 5 на радиаторе 6. При солнечном освещении фотоэлектрические кремниевые преобразователи 2 поглощают ту часть солнечного спектра, которая необходима им для фотоэлектрического преобразования и выработки электроэнергии, и одновременно отдают тепловую энергию для нагрева теплоносителя 7, так как не вся поглощённая фотоэлектрическими преобразователями 2 энергия солнечного излучения участвует в генерации электричества. Теплоноситель 7, омывая тыльную часть радиатора 6, охлаждает его и фотоэлектрические преобразователи 2, за счёт чего увеличивается электрическая эффективность работы фотоэлектрических преобразователей 2, общая эффективность кровельной панели и суммарная выработка энергии, а нагретый теплоноситель 7 может использоваться потребителем. Охлаждение радиаторов 6 кровельных панелей происходит сверху вниз благодаря силе тяжести жидкого теплоносителя 7. При использовании газообразного теплоносителя 7 охлаждение радиатора 6 достигается благодаря термосифонному эффекту

– под воздействием солнечного излучения образуется восходящий конвективный поток нагретого теплоносителя 7, благодаря чему происходит естественная циркуляция теплоносителя 7 от нижней панели к верхней.

Использование теплофотоэлектрической планарной кровельной панели обеспечивает повышение эффективности использования солнечной энергии в кровельной панели, снижение себестоимости получения электрической энергии и теплоты для энергоснабжения объектов сельскохозяйственного и индивидуального назначения.

Разработанное устройство выполняет три различные функции – защитно-строительную, электрогенерирующую и теплогенерирующую, причём использование вторичного пластика положительно сказывается на экологии, а необходимое для установки место значительно сокращается благодаря когенерационной работе кровельной панели.

Список литературы

1. Panchenko V.A., Kharchenko V.V. Solar modules for autonomous and mobile energy generation. *European Journal of Renewable Energy*. 2018. Т. 1. № 3. С. 9-20.
2. Панченко В.А. Солнечные модули Федерального Научного Агроинженерного Центра ВИМ различных типов и конструкций для автономного энергоснабжения. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 1030-1033.
3. 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.
4. Синицын С.А. Информационная методика управления качеством поверхности солнечного концентратора, заданной дискретным множеством точек. *E-Scio*. 2020. № 1 (40). С. 421-427
5. Синицын С.А. Задача синтеза геометрической информации при оптимальном моделировании гладких дифференциальных поверхностей. *Инновации и инвестиции*. 2018. № 10. С. 211-214.

References

1. Panchenko V.A., Kharchenko V.V. Solar modules for autonomous and mobile energy generation. *European Journal of Renewable Energy*. 2018. Vol. 1. No. 3. P. 9-20.
2. Panchenko V.A. Solar modules of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM of various types and designs for autonomous power supply. *Environmental, Industrial and Energy Safety - 2017. Collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference with international participation*. 2017. P. 1030-1033 [in Russian].
3. Sinitsyn S.A., Strebkov D.S., Panchenko V.A. Parquetting of the surface of the parabolic concentrator of the solar photovoltaic thermal module according to the specified differential-geometric requirements. *Geometry and graphics*. 2019. Vol. 7. No. 3. P. 15-27 [in Russian].
4. Sinitsyn S.A. Informational technique for managing the quality of the solar concentrator surface given by a discrete set of points. *E-Scio*. 2020. No. 1 (40). P. 421-427 [in Russian].
5. Sinitsyn S.A. The problem of synthesizing geometric information for optimal modeling of smooth differential surfaces. *Innovation and investment*. 2018. No. 10. P. 211-214 [in Russian].