

УДК 620.91

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ГИБРИДИЗАЦИИ

*Е.А. Антонова, С.В. Горячев*

Применение энергии солнца для производства более экологически чистой и экономически выгодной электроэнергии для потребителей способствует укреплению энергетической независимости страны. Показаны уже реализующиеся виды преобразования солнечной энергии в электрическую, приведены новейшие разработки в этой области. Одним из таких нововведений является проектирование новых гибридных моделей и материалов, формирующих солнечные панели. Даны примеры их реализации в будущем.

*Ключевые слова:* солнечная энергия; солнечные панели; перовскиты; фотогальванические элементы; солнечные электростанции; альтернативная энергетика.

---

### ЖАҢЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУУНУН ЖАНА ГИБРИДДЕШТИРҮҮНҮН ЭСЕБИМЕН КҮН БАТАРЕЯЛАРЫНЫН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ

*Е.А. Антонова, С.В. Горячев*

Өндүрүштө экологиялык жактан таза жана керектөөчүлөр үчүн экономикалык жактан пайдалуу электр энергиясы – күн энергиясын пайдалануу өлкөнүн энергетикалык көз карандысыздыгын бекемдөөгө мүмкүндүк берет. Макалада электр энергиясын күн энергиясына айландыруунун ишке ашкан түрлөрү көрсөтүлгөн, бул тармактагы жаңы иштелмелер белгиленген. Мына ушундай жаңы ойлоп табуулардын бири күн панелдерин түзүүчү жаңы гибридик моделдердин жана материалдардын долбоору. Аларды келечекте ишке ашырууга мисалдар келтирилди.

*Түйүндүү сөздөр:* күн энергиясы; күн панелдери; перовскиттер; фото гальваникалык элементтер; күн электр станциялары; альтернативдүү энергетика.

---

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOLAR BATTERIES OF NEW GENERATION THROUGH THE USE OF NEW MATERIALS AND THEIR HYBRIDIZATION

*E.A. Antonova, S.V. Goryachev*

This article is devoted to solar energy, its main processes, development and distribution throughout the world. The use of solar energy to produce more environmentally friendly and cost-effective electricity for consumers, contributing to the strengthening of the energy independence of countries. The article presents the already implemented types of solar energy conversion into electrical energy, and the latest developments. One of these innovations is the design of new hybrid models and materials forming solar panels. As well as examples of their implementation in the future.

*Key words:* Solar energy; solar panels; perovskites; photovoltaic cells; solar power plants; alternative energy.

Возрастающие энергетические потребности и растущие экологические проблемы диктуют необходимость более пристального изучения и развития альтернативных невозобновляемых и загрязняющих окружающую среду видов энергии и топлива. Одной из таких альтернатив является энергия Солнца, которая может внести

значительный вклад в решение некоторых из самых неотложных энергетических проблем, с которыми сталкивается человечество в настоящее время [1].

Солнечная энергетика является одним из направлений альтернативной энергетики, основана на использовании солнечного излучения для

выработки энергии. Она является “экологически чистой”, то есть не производящей вредных отходов. Немаловажную роль в этой связи играют и цены на обычные энергоносители, которые с каждым годом становятся всё выше. Вследствие этого, всё больше людей видят перспективы перехода на выработку альтернативного тепла и электроэнергии за счёт солнца. Сравнение традиционных и альтернативных источников энергии с экономической точки зрения показывает эффективность использования солнечных ресурсов [2].

Электромагнитное излучение, включая видимый свет, инфракрасный свет и ультрафиолетовое излучение течет в космосе во всех направлениях. Излучение, которое достигает поверхности Земли, является косвенным источником почти всех видов используемой сегодня энергии [3].

Количество используемой энергии Солнца растет с поразительной скоростью. В 2017 г. зафиксированная мощность солнечных станций перевалила за 400 ГВт, в сопоставлении с 5 ГВт в 2005 г. – это невероятный рост, который был достигнут благодаря сокращению расходов на изготовление и повышение продуктивности солнечных панелей.

Солнечные электростанции модифицируют энергию солнечной радиации в электроэнергию. Трансформация в электрическую энергию, реализуется за счёт:

- 1) переходного теплового процесса;
- 2) напрямую – посредством фотоэлектрических преобразователей.

Фотоэлектрические станции выдают электроэнергию прямо в сеть, либо служат источником автономного электроснабжения потребителя.

Термодинамические станции превращают солнечную энергию в тепловую, а потом в электрическую.

Многие знакомы с так называемыми фотогальваническими элементами, или солнечными панелями (рисунок 1), которые могут находиться на и космических аппаратах, зданиях инфраструктуры или непосредственно на земле.

Специфика таких панелей заключается в том, что в двух кремниевых пластинах, покрытых например, бором и фосфором, под влиянием солнечного излучения создаётся электрический ток. В пластине, которая покрыта фосфором, появляются свободные электроны. В то время

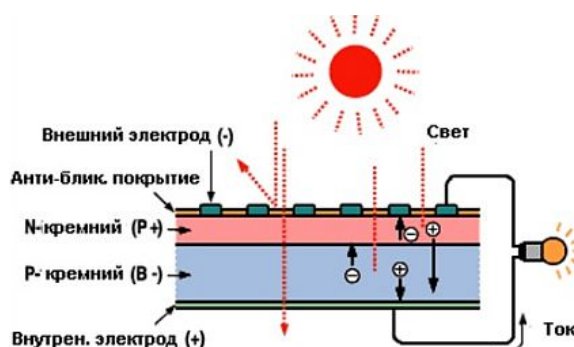


Рисунок 1 – Солнечная панель

как на пластине с бором возникают отсутствующие частицы. Электроны начинают двигаться под действием солнечного света, что и позволяет возникнуть электрическому току. Небольшие трубки из меди, которыми покрыта каждая панель, выводят ток по назначению [4, 5].

Электроэнергия, вырабатываемая солнечными батареями в *i*-ом интервале времени, кВтч:

$$W_{СБi} = \frac{E_i \cdot P_{СБном}}{P_{инс}} \cdot N_{СБ} \cdot S_{СБ},$$

где  $E_i$  – инсоляция на *i*-ом интервале времени, кВтч/;  $P_{СБном}$  – номинальная мощность солнечной батареи, кВт;  $P_{инс}$  – инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре, принимается 1 кВт/;  $N_{СБ}$  – число солнечных батарей;  $S_{СБ}$  – площадь солнечной батареи.

Инсоляция в *i*-ом интервале времени рассчитывается исходя из суммарной среднесуточной инсоляции и продолжительности светового дня, которая характеризуется нестабильностью солнечной активности во время работы солнечной батареи. Количество выработанной энергии напрямую зависит от фазы Солнца по отношению к фотогальваническим элементам. Увеличение КПД происходит в процессе, когда угол солнечных лучей возрастает относительно перемещения Солнца с востока на запад и по склонению по высоте.

Вариант автономной станции для выработки электроэнергии представлен на рисунке 2, а на рисунке 3 показан недельный график среднесуточной выработки электроэнергии.

Но даже самые последние разработки по-прежнему не используют большую часть спектра солнечного излучения, хотя солнечные ячейки подвергаются его воздействию в достаточной мере.



Рисунок 2 – Солнечная электростанция с динамично и статично расположенными модулями солнечных батарей в условиях летнего периода времени

Гибридизация материалов, формирующих солнечные панели, считается одним из вариантов улучшения коэффициента полезного действия устройств. Для этого проводятся всевозможные эксперименты с различными веществами, которые позволили бы увеличить их положительные свойства.

Так были разработаны перовскитные солнечные батареи. Перовскиты могут резко изменить рынок возобновляемых источников энергии, и повысить потенциал солнечных панелей, позволяющих использовать энергию практически любой поверхности, обращенной к Солнцу.

Титанат кальция является экзотичным соединением для нашей планеты, этот минерал больше известен под названием перовскит. В ходе исследований было установлено, что перовскиты успешно трансформируют энергию солнца в электричество. Такие панели считаются достаточно многообещающими для производства солнечной энергии.

Титанат кальция обычно использовался в роли диэлектрика для создания керамических конденсаторов, включающих в себя большее количество слоев. В настоящее время применение этого элемента сосредоточено в направлении создания и усовершенствования солнечных панелей для достижения более высоких показателей их производительности.

Известно, что кремний и титанат кальция являются представителями полупроводников.

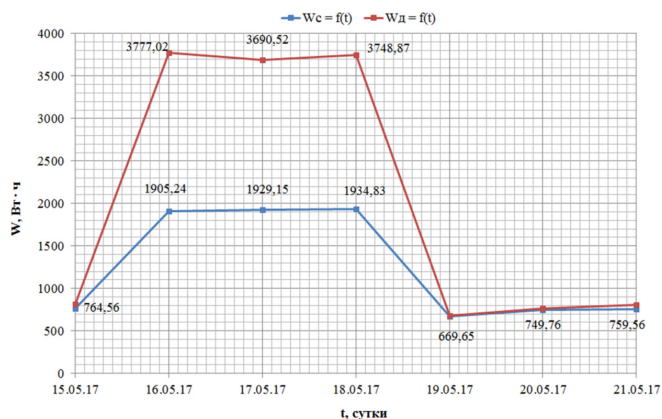


Рисунок 3 – Недельный график среднесуточной выработки электроэнергии автономной станцией

Оба этих элемента эффективно производят передачу электрической энергии вследствие воздействия на них светового потока. Тем не менее, показатели эффективности пропуска электрических зарядов, а следовательно, и КПД перовскита значительно больше чем у кремния. В то же время и затраты на производство перовскитных панелей значительно ниже за счёт невысокой себестоимости самого титаната кальция. Это позволяет изготавливать элементы по более низкой цене, нежели кремний. А традиционное производство электрической энергии может оставаться на том же уровне или быть значительно выше.

При создании перовскитной пленки, химическое покрытие накладывают на субстрат и нагревают до тех пор, пока материал полностью не кристаллизуется.

Панели, включающие в себя перовскит, являются дешевым аналогом кремниевых, в то время как их разработка не наносит вреда окружающей среде. Весомым плюсом использования этих панелей является их гибкость и компактность, что создает значительные преимущества для более удобного и эффективного их размещения.

В настоящее время наиболее высокую производительность преобразования солнечного света в электроэнергию показали гибридные перовскитные элементы. Эффективность экспериментальных моделей данных элементов была зафиксирована в 22,7 % случаев, в то время как

кремниевые панели, используемые сегодня на крышах и в электростанциях общего назначения, как правило, достигают примерно 20 %-ной эффективности.

Вместе с тем, коммерческое использование данных панелей является достаточно сложным из-за их низкой эксплуатационной стабильности – они очень быстро разрушаются в процессе работы в условиях внешней среды из-за термического и фотохимического разложения перовскитов. Однако результаты исследований обнадеживают, в процессе экспериментов было установлено, что коэффициент полезного действия перовскитов может достигать 40 %.

Поскольку корпус таких образцов является достаточно тонким, то предполагается объединить их с уже имеющимися кремневыми панелями для более эффективной выработки электроэнергии. Эти устройства могут быть гибкими и полупрозрачными. Значит, их можно использовать не только как стационарные источники энергии, но и для портативной техники. Например, солнечные элементы могут генерировать энергию для спутников на околоземной орбите также легко, как они могут питать здания городов и футуристические автомобили.

Поэтому можно полностью обеспечить дом электроэнергией лишь за счёт солнечного излучения, что позволит стать полностью независимым от энергосетей. Если считать в долгосрочной перспективе, то при непрерывном повышении тарифов на электроэнергию, экономия будет ещё существеннее. В то время как энергоносители будут дорожать, солнечная энергия останется бесплатной и остаётся лишь оптимизировать и повышать эффективность солнечных батарей.

Однако следует отметить и ряд недостатков – зависимость этих устройств от состояния атмосферы, времени суток и года. Панель не работает в ночное время без накопителя, такого как батарея, и облачная погода может сделать эту технологию ненадежной. Солнечные технологии требуют отведения значительного пространства для эффективного сбора энергии солнца. Лучше всего солнечные электрические системы работают в тёплом климате с мягкой или короткой зимой.

Несмотря на недостатки, за последнее десятилетие выработка солнечной энергии увеличивается на 20 % в год, благодаря снижению цен на производство и повышению эффективности самих панелей. Ведущие страны мира делают акцент на такое альтернативное генерирование электроэнергии, правда, с одной оговоркой: пока она нуждается в серьезной поддержке государства. Для интенсивного развития ей предоставляются самые льготные условия.

Подводя итоги сказанному выше, можно с уверенностью заявить, что использование солнечных панелей является одним из наиболее перспективных вариантов для выработки электроэнергии. А дальнейшие исследования и эксперименты над титанатом кальция помогут значительно повысить его рабочие показатели и снизить экономические затраты по сравнению с другими элементами, что позволит выйти на совершенно другой уровень производительности. Несмотря на кризисное состояние отрасли, в России существуют реальные условия для развития солнечной энергетики.

Использование экологически чистой энергии будет способствовать уменьшению выбросов загрязнений в окружающую среду и снизит риски увеличения темпов глобального потепления. Кроме того, поддержка использования альтернативных и восполняемых видов энергии будет иметь большое значение и в перспективе получения долгосрочной выгоды.

#### *Литература*

1. *Голицын М.В.* Альтернативные энергоносители / М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина. М.: Наука. 2004. 159 с.
2. *Харченко Н.В.* Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с.
3. *Павлов Н.* Солнечная энергия – энергия будущего / Н. Павлов // *Электроника: наука, технология, бизнес.* 2013. № 1(123). С. 130–137.
4. *Глиберман А.Я.* Кремниевые солнечные батареи / А.Я. Глиберман, Зайцева А.К. М.: Госэнергоиздат, 1961. 74 с.
5. *Кашкаров А.П.* Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А.П. Кашкаров. М.: ДМК Пресс, 2011. 144 с.