

**Р. Н. Воробьёв,
З. П. Прохорова**

**НЕКОТОРЫЕ ПРОЕКТЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

ББК 31.2
УДК 62-9
В 75

Воробьев Р.Н., Прохорова З.П

Некоторые проекты использования солнечной энергии
в электроэнергетике. – М.: МАСКА, 2014, 64 с.

ISBN 978-5-9905742-2-9

ББК 31.2

©Воробьев Р.Н, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. Проект № 1 (разработан в 2010 г.)

Перспективы создания крупномасштабных солнечных фото-паротурбинных электростанций.

2. Проект № 2 (разработан в 2007 ÷ 2010 г. г.)

Автономная солнечная энергоустановка мощностью 10,5 кВт для одновременного получения электроэнер-
гии и опреснение морской воды.

3. Приложение к проекту № 2

ПРОЕКТ № 1

Перспективы создания крупномасштабных солнечных фото-паротурбинных электростанций

1. Аннотация

Приводятся данные по грандиозной программе США о строительстве до 2050 г. сети крупномасштабных солнечных фотоэлектрических станций общей мощностью 2940 ГигаВатт на площадях 75 тыс. км². [1].

Показано, что создание солнечных фото-паротурбинных электрических станций на основе арсенида галлия и изобретения авторов настоящей статьи [2], запатентованного в России в 1996 г., позволит обеспечить в 2,5 раза большую эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую, по сравнению с мощными фотоэлектрическими станциями США на основе теллурида кадмия и, соответственно, уменьшит занимаемые ими площади и стоимость электроэнергии в $2 \div 2,5$ раза, при одинаковой стоимости 1 кВт установленной мощности. В статье приведены данные о значительно большей распространенности

в Литосфере Земли соединений галлия и мышьяка, по сравнению с соединениями кадмия и теллура, как сырьевой базы для строительства крупномасштабных солнечных фото-турбоэлектрических электростанций [4], [5], использующих арсенид галлия. В результате проведенного анализа сделан вывод о перспективности создания крупномасштабных солнечных фото-паротурбинных электростанций для Глобальной энергетики с использованием арсенида галлия.

2. Введение

В настоящее время развитие солнечной энергетики в мире в основном происходит локально за счет использования кремниевых фотоэлектрических батарей с размещением на крышах зданий для индивидуальных потребителей электроэнергии, а крупномасштабного строительства фотоэлектрических станций на больших площадях еще не производилось из-за высокой стоимости кремниевых батарей и падения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую энергию при нагреве таких батарей солнечным излучением и омическими потерями в электрических цепях. Например, кремниевые солнечные батареи, установленные на российском сегменте Международной космической станции при площади 330 м^2 и солнечном

излучении $1,36 \text{ кВт/м}^2$ должны давать мощность до 60 кВт при 28°C и эффективности 13,3%, а дают 25 кВт, т.е. при действительной эффективности до 6%, так как в космосе нагреваются до температуры свыше 100°C [3]. Поэтому возникла необходимость создания фотоэлектрических батарей, способных работать при нагреве с высокой эффективностью на основе других материалов. Так, в США были разработаны тонкопленочные термостойкие солнечные батареи на основе теллурида кадмия с эффективностью 10%, что позволило разработать грандиозную Программу строительства в США до 2050 г. крупномасштабных солнечных фотоэлектрических станций общей мощностью 2940 ГВт, размещаемых на площадях 75 тыс. км², с повышением эффективности преобразования до 14% уже в 2020 г. [1].

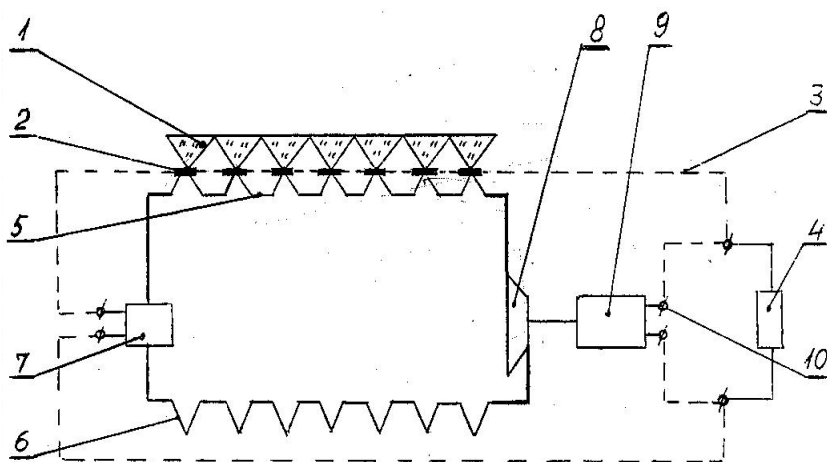
Вместе с тем, согласно Программе США, цена электроэнергии будущих фотоэлектрических станций на основе теллурида кадмия с эффективностью 14% ожидается 5 центов за кВт/час в 2050 г., в то время как цена электроэнергии, вырабатываемой современными топливными электростанциями уже сегодня равна 5 центов за кВт/час, и они совершенствуются, поэтому, чтобы будущие солнечные фотоэлектрические станции были конкурентоспособными, необходимо уже сегодня

изыскивать другие перспективные фотоэлектрические материалы и способы преобразования солнечной энергии в электрическую, которые могли бы понизить стоимость электроэнергии по крайней мере в 2 раза, что возможно только за счет двукратного повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую, при которой гигантские площади, занимаемые солнечными электростанциями, были бы сокращены в 2 раза, а значит и стоимость их обслуживания и, соответственно, стоимость их электроэнергии, понизились бы вдвое, особенно при учете стоимости отторгаемых под строительство станций земель.

Одним из таких перспективных фотоэлектрических материалов является арсенид галлия, способный работать при рабочих температурах $200 \div 250^{\circ}\text{C}$, разработанный Нобелевским лауреатом Ж.И. Алферовым, который позволяет создать высокоэффективные солнечные фото-паротурбинные электростанции и был взят за основу в изобретении авторов настоящей статьи [2], в котором показана возможность преобразования солнечной энергии в электрическую с суммарным КПД 37%.

3. Схема построения и расчеты эффективности солнечной фото-паротурбинной электрической установки на основе арсенида галлия

На рисунке представлена схема построения солнечной фото-паротурбинной электрической установки, заимствованная из Патента Российской Федерации на изобретение авторов настоящей статьи [2].



Установка состоит из солнечной батареи с фотоэлектрическими преобразователями на основе арсенида галлия (2) и фокусирующих на них солнечное излучение устройств (1), с прямым преобразованием солнеч-

ной энергии в электрическую и передачей ее в сеть (3) потребителю (4), а для охлаждения фотоэлектрических преобразователей (2) используется замкнутый контур с испарителем-парогенератором (5), электронасосом (7), конденсатором-радиатором (6) и паровой турбиной (8), преобразующей тепловую энергию, отведенную от фотоэлектрических преобразователей (2), в механическую с вращением электрогенератора (9), отдающим дополнительную электроэнергию потребителю (4).

Таким образом, при заданной площади солнечной батареи происходит увеличение электрической энергии, отдаваемой потребителю (4), что повышает общую эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую и общую мощность энергоустановки, а при заданной интенсивности солнечного излучения и электрической мощности, уменьшает приемную поверхность фокусирующих устройств (1) и числа фотоэлектрических преобразователей (2), и одновременно понижает стоимость этой дорогостоящей части установки и цену электроэнергии.

Суммарная эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в установке составляет

$$(1) \quad \eta_0 = \eta_1 + (1 - \eta_1) \eta_2,$$

где

η_1 – эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в фотоэлектрической части установки.

η_2 – эффективность преобразования тепловой энергии, отводимой от фотоэлектрической части установки, в электрическую энергию в паротурбинной части установки с электрогенератором.

При эффективности электрогенератора $95\% \div 98\%$, для η_2 определяющей является эффективность преобразования тепловой энергии в механическую энергию турбины в термодинамическом цикле, например, при использовании водяного пара при температуре 200°C , получаемого при охлаждении арсенид-галлиевых фотоэлектрических преобразователей, эта эффективность составляет $\eta_2 = 17\%$, как показано в указанном патенте на изобретение [2].

Там же показано, что при $\eta_1 = 24\%$, суммарная эффективность установки

$$\eta = 0,24 + (1 - 0,24) \cdot 0,17 = 0,37, \text{ т.е. } 37\%.$$

При $\eta_1 = 25\%$, и повышении η_2 до 20% за счет повышения температуры пара до 250°C , что допускают фотопреобразователи на основе арсенида галлия, об-