

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Solar Heat Worldwide: Solar Heating and Cooling Programme. International Energy Agency, 2016 Edition. - 74 p. [2] Петухов Б.В. Солнечные водонагреватели. Автореф. дис... канд. тех. наук. - М.: 1946, 20 с. [3] Аvezов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. - Ташкент: ФАН, 1988, - 288 с. [4] Duffie J.A., Beckman W.A. Solar engineering of Thermal Processes. Fourth Edition. - Hoboken New Jersey: John Wiley Sons. Inc., -2013.- 910 p. [5] Смирнов С.И. конструкции солнечных коллекторов/ Системы солнечного тепло-и хладоснабжения. Под. редакцией Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. - М.: Стройиздат. -1990, - С. 56-82. [6] Аvezов Р.Р., Аvezова Н.Р., Рахимов Э.Ю., Куралов М.А. // Гелиотехника. 2017. №2, -С. 24-29. [7] Михеев М.А. Основы теплопередачи. - М.Л.: Госэнергоиздат. 1956.- 392 с. [8] Петухов Б.С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах. -М.: «Энергия», -1967, - 412 с. [9] Икбол М., Стахевич Д.В. Влияние ориентации трубы на теплопередачу при совместном действии свободной и вынужденной конвекции// Теплопередача (русский пер. Trans. ASME, Ser. C). 1966. №1, -С. 119-126. [10] Avezova N.R.// Applied Solar Energy. 2015. V. 51. № 3. pp. 172-176. [11] Avezova N.R., Avezov R.R. // Applied Solar Energy. 2015. V. 51. № 1. pp. 10-14. [12] Avezova N.R., Avezov R.R. // Applied Solar Energy. 2015. V. 51. № 2. pp. 85-87.

ООО «Международный институт солнечной энергии»
avezov@uzsci.net

Дата поступления
 15.06.2017

УДК 551.662.03

В.Г. ДЫСКИН, Х. САБИРОВ, И.М. КАМОЛОВ, Э.Т. АБДУЛЛАЕВ

ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ СТРУЕЙ ВОЗДУХА

Предлагается очистку поверхности фотоэлектрической батареи (ФЭБ) от загрязнений различного рода осуществлять воздушной струей. Расчет на основании простой модели показал, что для удаления крупных частиц с небольшим электрическим зарядом, требуются меньшая скорость воздушного потока. Частицы загрязнения с радиусом $r > 1 \mu\text{м}$ и зарядом $q < 10e$ могут удаляться с поверхности ФЭБ ветром со скоростью $< 7 \text{ м/с}$. Основным фактором загрязнения поверхности ФЭБ – это частицы с малым радиусом поперечного сечения. Дополнительным преимуществом метода очистки воздушной струей является то, что поверхность ФЭБ не только очищается, но и охлаждается за счет увеличения конвективного теплообмена.

Количество электроэнергии, производимой фотоэлектрическими батареями (ФЭБ) и фотоэлектрическими станциями (ФЭС), увеличивается ежегодно. ФЭС строят в местах с высокой годовой инсоляцией и, как следствие, - высокой дневной температурой и сильной запыленностью воздуха. Пыль, оседая на поверхности ФЭС, уменьшает ее эффективность на 30 и более процентов [1,2,3]. Очистка поверхности ФЭС от загрязнения увеличивает эксплуатационные расходы и снижает время выработки электроэнергии. Поиск эффективных и недорогих способов очистки поверхности солнечных панелей от различных загрязнений длится уже в течение многих лет [1,2].

Активный способ очистки - очистка стекла механическим способом с помощью специальных щеток с водой и/или моющим средством. Очистку выполняет специальный штат сотрудников или автоматические мойщики, оснащенные емкостями для воды и моющего средства, жесткой щеткой и протирающим устройством.

Пассивный способ очистки – очистка с помощью гидрофобных и гидрофильных покрытий. Нанесение на стекло гидрофобного покрытия уменьшает поверхностную энергию стеклянной поверхности и облегчает очистку стекла от грязи. Гидрофильное покрытие, наоборот, -увеличивает поверхностную энергию поверхности. На стеклах с таким покрытием вода не конденсируется и равномерно стекает по поверхности. Однако стекла с гидрофильными покрытиями накапливают грязь быстрее, чем стекла с гидрофобными покрытиями.

Самоочищающееся стекло – это стекло со специальным покрытием. Применяется два типа таких стекол: стекла с фотокаталитическим покрытием и стекла с прозрачным электродинамиче-

ским экраном [2,4]. Фотокаталитическое покрытие разлагает органические загрязнения на поверхности стекла и облегчает очистку поверхности. Электродинамический экран, удаляет до 90 % пыли в течение нескольких мин. [2]. Этот способ очистки требует изменения существующей технологии изготовления ФЭБ, дополнительного оборудования и энергозатрат.

Перспективными для очистки поверхности ФЭС считаются покрытия из аморфного алмазоподобного углерода [5]. Поверхностная энергия пленки из аморфного алмазоподобного углерода на стекле может изменяться от гидрофильного до гидрофобного состояния. Такие покрытия наносятся методом ионно-плазменного осаждения.

Существенным недостатком рассмотренных методов является, во-первых, использование воды. Во-вторых, нанесение специальных покрытий уменьшает коэффициент пропускания стекла и, как следствие, - уменьшает коэффициент полезного действия ФЭБ. В работе предлагается очистку поверхности ФЭБ осуществлять с помощью воздушной струи.

Пусть на поверхности стекла расположена сферическая частица с радиусом r . На поверхности она удерживается силой тяжести

$$F_g = \frac{4\pi r^3}{3} \rho_m g \quad (1)$$

силой Ван-дер-Ваальса [6]

$$F_w = \frac{Ar}{6z^2} \quad (2)$$

и электрического изображения [7]:

$$F_i = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon z^2} \quad (3)$$

ρ_m - плотность частицы; ϵ - диэлектрическая постоянная материала частицы; q - электрический заряд частицы; g - ускорение свободного падения; A - постоянная Гамакера; ϵ_0 - диэлектрическая постоянная вакуума; z - расстояние между частицей и поверхностью. Если вдоль загрязненной поверхности ФЭБ движется воздушный поток, то на частицы пыли действует сила, в результате действия которой частицы отрываются от поверхности и увлекаются потоком, т.е. происходит очистка. Из условия равенства сил, действующих на частицу, определим скорость движения потока воздуха v необходимого для очистки поверхности ФЭБ от пыли:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\rho_a} \left(\frac{A}{12\pi z^2 r} + \frac{q^2}{8\pi^2 \epsilon_0 \epsilon z^2 r^2} + \frac{2}{3} \rho_m g r \right)} \quad (4)$$

здесь ρ_a - плотность воздуха. Размеры частиц пыли и скорость их осаждения зависят от влажности и температуры воздуха, времени года и климатической зоны (табл. 1) [7].

Размеры аэрозольных частиц и скорость их осаждения

Таблица 1

Вид частиц	Размер частицы, мкм	скорости осаждения, м/с
Крупные частицы	>100	> 0.5
средние частицы	1 -100	> 0.2
мелкие частицы	< 1	-

Электрические свойства аэрозольных частиц зависят от формы, дисперсности, частиц пыли, температуры воздуха, влажности и т. д. Оседая в атмосфере Земли, в результате взаимного трения, трения о воздух, частицы пыли заряжаются отрицательно, их заряд может составлять от $10e$ до $30e$ (e - заряд электрона) [9,10].

В предположении, что частицы пыли – это двуокись кремния, для разных зарядов и размеров частицы, расстояний до поверхности по формуле (4) были выполнены расчеты скорости воздушного потока, очищающего поверхность ФЭБ. Постоянную Гамакера, полагали равной 5×10^{-20} Дж [2,9]. Результаты расчета приведены на рис. 1–3. Видно, что для удаления крупных частиц с небольшим электрическим зарядом, требуются меньшая скорость воздушного потока.

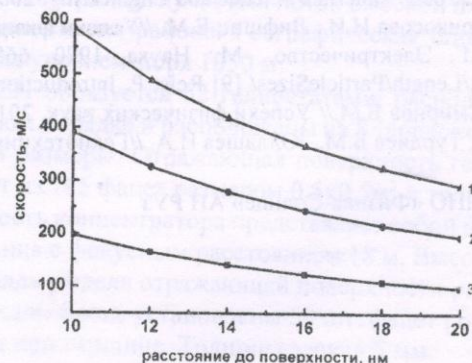


Рис. 1. Зависимость скорости воздушного потока, очищающего поверхность ФЭБ, от величины заряда частиц (1 - 30e; 2 - 20e; 3 - 10e) диаметром 10 нм и расстояния до поверхности ФЭБ.

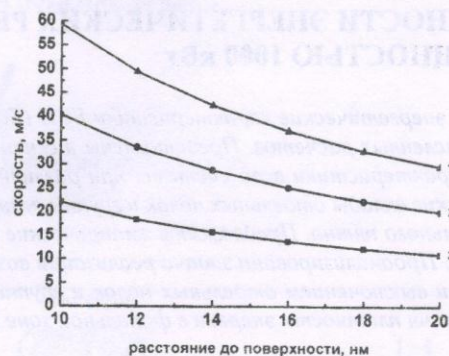


Рис. 2. Зависимость скорости воздушного потока, очищающего поверхность ФЭБ, от величины заряда частиц (1 - 30e; 2 - 20e; 3 - 10e) диаметром 100 нм и расстояния до поверхности ФЭБ.



Рис. 3. Зависимость скорости воздушного потока, очищающего поверхность ФЭБ, от величины заряда частиц (1 - 30e; 2 - 20e; 3 - 10e) диаметром 1 мкм и расстояния до поверхности ФЭБ.

Частицы загрязнения с радиусом $r > 1 \mu\text{м}$ и зарядом $q < 10e$ могут удаляться с поверхности ФЭБ ветром со скоростью < 7 м/с. Основной фактор загрязнения поверхности ФЭБ – частицы с малым радиусом поперечного сечения.

Отметим, что при обдуве поверхность ФЭБ не только очищается, но и охлаждается за счет увеличения конвективного теплообмена [11].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mani M., Pillai R.//Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010. V. 14. pp. 3124 -3131. [2] Mazumder M., Horenstein M. N., Stark J. W. at all //IEEE transactions on industry applications. 2013. V. 49. № 4. pp. 1793 - 1800. [3] Tursunov M. N., Dyskin V.G., Sobirov Kh. A., Turdiev B.M.//Applied Solar Energy. 2014. V. 50, No 4. pp. 278-288. [4] Шаповалов В.И. // Вакуумная техника и технология. 2007. т.17, № 3. С 233-256 [5] Robertson J. Diamond-like amorphous carbon//Materials Science and Engineering. 2002., Reports: A Review Journal. 37. pp. 129-281. [6] Дерягин Б.В., Абрикосова И.И., Лифшиц Е.М. //Успехи физических наук. 2015. т. 185. № 9. С 981-101. [7] Калашников С.Г. Электричество. -М.: Наука. 1970. 668 с. [8] Электронный ресурс <http://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/Length/ParticleSizes/> [9] Reist P. Introduction to aerosol science. 1984. Macmillian Publishing Company [10] Смирнов Б.М.// Успехи физических наук. 2014. т. 184. № 11. С.1153 – 1176. [11] Турсунов М.Н., Дыскин В.Г., Турдиев Б.М., Юлдашев И.А. //Гелиотехника. 2014. № 4. С34-37.

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз
dyskin@uzsci.net

Дата поступления
15.02.2017

УДК 662.997

Р.Ю. АКБАРОВ, М.С. ПАЙЗУЛЛАХАНОВ

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ МОЩНОСТЬЮ 1000 кВт

Анализируются возможные энергетические характеристики БСП (Большая Солнечная Печь мощностью 1000 кВт) на основе численных расчетов. Представлены технические характеристики БСП. Определены энергетические характеристики всей системы при различных неточностях отражающих поверхностей, энергетические вклады отдельных полок и группы гелиостатов, вклады отдельных гелиостатов и формы их фокального пятна. Предложены эмпирические формулы для описания полученных численных результатов. Проанализирована задача реализации возможных энергетических режимов БСП с включением и/или выключением отдельных полок и группы гелиостатов. Рассмотрен вопрос об изменении распределения плотности энергии в фокальной зоне БСП в течение дня.

Одним из перспективных направлений использования солнечной энергии является гелиоматериаловедение. Как известно, высокотемпературный нагрев солнечным излучением имеет ряд преимуществ, например, отсутствие загрязнения синтезируемых материалов, безынерционный нагрев, возможность контроля скорости нагрева и охлаждения, широкий спектр солнечного излучения и др. В настоящее время высокотемпературные солнечные технологии широко используются во многих прикладных областях науки и техники. В связи с этим концентрированная солнечная энергия является важным компонентом в арсенале методов синтеза материалов с комплексом заданных свойств [1,2].

Важными характеристиками технологических процессов являются: мощность, максимальные и средние плотности энергии, равномерность распределения плотности энергии, размер фокального пятна, характер распределения плотности энергии и его изменение по времени, длительность процесса, скорость включения и выключения режимов и др.

Характерным недостатком солнечных концентраторов, в частности БСП, является непостоянство характеристик фокального пятна по времени. Это связано, с одной стороны с временным изменением значения прямой солнечной радиации и, с другой стороны, - с состоянием оптических и механических элементов БСП, т.е. состоянием юстировки зеркал, угловых неточностей светоотражающих зеркал, коэффициентами отражения зеркал, состоянием солнечных датчиков и др.

В последние годы в Узбекистане уделяется особое внимание вопросам использования альтернативных источников энергии. В области высокотемпературных солнечных технологий учеными республики достигнуты значительные результаты. На БСП за прошедшие годы разработано и синтезировано более 150 составов различных оксидных материалов, обладающих оригинальными свойствами и являющихся основой функциональной, конструкционной и высокоогнеупорной керамики,