

Л. В. Михайлов, С. Л. Михайлова<sup>1</sup>, Г. А. Исмаилова<sup>2</sup>,  
М.Ж. Куатова, А.А. Аппасова, А.Б. Отаров, Д.Р. Мамишев  
КазНУ им. аль-Фараби, пр. Аль-Фараби, 71, 050040 Алматы, Казахстан

<sup>1</sup>E-mail: skysvetik91@mail.ru

<sup>2</sup>E-mail: guzal\_a81@mail.ru

## ЗАДАЧИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НА ФАСАДАХ ГОРОДСКИХ СТРОЕНИЙ

**Аннотация.** В работе выработано техническое предложение для разработки фотоэлектрического генератора энергии для городских условий с функциями самоочистки приемной площадки, увлажнения и пылесобирания, разработана функционально-структурная схема резервного фотоэлектрического генератора энергии.

**Ключевые слова:** энергия, фотоэлектричество, свет, пыль, очистка, улавливание, тепло.

### Введение

Экологические проблемы привели к стремительному развитию «зеленых» технологий, в том числе и в энергетике. Несмотря на несколько десятилетий развития возобновляемых источников энергии, их рентабельность все еще в разы меньше рентабельности энергетических установок на ископаемом топливе. Установка и функционирование для таких источников дотируется государственными структурами и носит в основном символический и рекламный характер. Три фактора определяют даже не рентабельность, а жизнеспособность и возможность использования возобновляемых источников: стоимость единицы установочной мощности; срок окупаемости единицы установочной мощности; доля расходов единичного потребителя (населения) на энергетические нужды. Применение возобновляемых источников энергии в городских условиях, только для получения электроэнергии и/или тепла, нерентабельно, поскольку энергия от традиционных источников энергии значительно дешевле, и инфраструктура для транспортировки энергии потребителю в городах уже сформирована. Большинство площадок строений города, в том числе вертикально ориентированных, облучаются солнечной энергией малую часть суток и могут быть использованы для выработки энергии на 10 - 30% от установочной энергии, размещенных на них панелей. Например, в декабре солнечная панель с установочной мощностью

100 Вт в ясную погоду выработает не более 0.4 кВт·часов в сутки электрической энергии, в то время как традиционный генератор энергии мощностью 100 Вт выработает 2.4 кВт·часов в сутки. В предшествующие два десятилетия изучались и проектировались комбинированные фототермальные модули (ФТМ) системы [1-7] призванные поднять эффективность преобразования солнечной энергии за счет улавливания еще и тепловой энергии, а также повышение эффективности преобразования фотоэлектрической, за счет снижения температуры фотопреобразователей. В [8] подробно описана конструкция и проведены расчеты ФТМ панелей электростанции для города (в Швеции). Окупаемость мини электростанции с такими панелями, по расчетам в [9] составит 35 лет, даже при больших Шведских ценах на энергию. Несмотря на удручающе низкую рентабельность, масштабные проблемы экологии требуют вовлечения в энергетический оборот возобновляемых источников энергии, и использовать в первую очередь те из них, которые будут иметь наибольшую рентабельность. Стоимость источников энергии сильно увеличивают длинные коммуникации и накопители энергии больших объемов, поэтому необходимо свести к минимуму их использование. Наименьшие дополнительные затраты на обрамление возобновляемых источников будут иметь место непосредственно рядом с большинством потребителей, т.е. в городе. В то же время, в связи с

возросшей аварийностью городских сетей распределения энергии и удорожанием потребляемой энергии, из года в год нарастает потребность экономии и резервирования энергии, путем привлечения к ее выработки возобновляемых источников энергии. Экологическая обстановка городов, из-за автомобильных выбросов и пыли, загрязняющих атмосферу и угрожающих здоровью жителей, ухудшается. Это определяет необходимость проведения работ по активной очистке воздушного бассейна, повышения комфортности среды обитания жителей города. Часть этих работ могут взять на себя элементы и составные части возобновляемых источников энергии.

Цель настоящей работы: приспособить огромные площади городских фасадов для выработки резервной тепловой и электрической энергии, для очистки и увлажнения воздушного бассейна, для повышения комфортности жилья и офисных помещений, используя в качестве основы фотоэлектрическое устройство для улавливания солнечной энергии, с возможно большей рентабельностью.

### **Методы исследования**

Выполнялось моделирование в виртуальной среде дополнительных конструкций солнечных панелей и принципов их функционирования. Исходя из результатов моделирования, определялось ожидаемое увеличение количества потребительских свойств, принципы функционирования, использования и конструкция. В результате формулировалось техническое предложение по разработке комплексного устройства, изготавливался макет и проводились испытания отдельных узлов и составных частей.

### **Результаты исследований и обсуждение**

Представленная на рисунке 1 в приложении функциональная схема обеспечивает совмещение нескольких потребительских свойств генератора.

Для эффективного фотоэлектрического преобразования солнечной энергии необходимо ограничить попадание пыли и грязи на лицевую поверхность панелей. В то же вре-

мя, расположение панелей в городе обуславливает их защиту от сопутствующих воздействий. Автомобили, перемещаясь по улицам «поднимают» огромное количество пыли. Пыль генерируется в результате термоциклических воздействий на покрытия фасадов. В моменты цветения растений генерируется аллергическая пыль и пух. Частицы листвы могут во время ненастья прилипнуть к лицевой поверхности. Особенно неприятно воздействуют на панели наночастицы пыли, содержащиеся в автомобильных выбросах. Плотнo сцепляясь со стеклом солнечной панели за счет электростатики, они сильно поглощают излучение, поскольку со временем покрывает стекло тонким слоем пыли с графитом. Когда панель не освещается, целесообразно закрыть ее лицевую сторону защитной пленкой. Пленка будет защищать панель от абразивного воздействия пыли и от других видов загрязнения во время ее пассивного режима работы. Помимо пыли и загрязняющих частиц, в сторону панели могут лететь крупные частицы, осколки, ветки, камни, которые способны поцарапать ударопрочное стекло или приклеить не отмываемую частицу. За счет воздушного амортизатора между натянутой грузиком пленки и панелью, удар значительно смягчится и не принесет вреда прозрачной поверхности панели. Пленку, в случае ее повреждения можно легко сменить, затратив не более 53 центов. Грузик в этом не оторвется, поскольку перемещается по пазам, закрепленным на солнечных батареях.

Загрязнения, возникшие во время активного режима панелей можно автоматически протирать, приспособив механизм опускания пленки для контактного удаления грязи сухим или смоченным дворником. Согласно рисунку 1, автоматическое очищение лицевых поверхностей панели (а) и самой пленки (с) от грязи и пыли осуществляется двумя медными прорезанными трубочками (е), мотор редуктором (f), циркуляционным насосом ( $n_1$ ) и ванночкой с моющей жидкостью (п). Защитная, пылеулавливающая и теплоизолирующая пленка (с) кратковременно поднимается и протаскивается через две медные прорезанные трубочки (е), через которые циркуляционным насосом ( $n_1$ ) пропускается вода, водный раствор соли или

другое моющее средство и пленка освобождается от налипшей пыли. Дворник (р) протирает непосредственно лицевую сторону солнечной панели. Каждый раз, когда пленка опускается (3-4 раза в сутки), дворник насухо протирает лицевую панель, поскольку моющее средство не подается в трубки (е) и они в это время заряжают пленку достаточно высоким потенциалом. Механически разрушенная дворником грязь и пыль соскребаются и частично прилипает к наэлектризованной пленке. Несколько раз в месяц можно промывать лицевую сторону панели моющей жидкостью, подавая ее в трубки (е) во время опускания пленки.

Согласно рисунку 1, для улучшения рентабельности использования резервного фотоэлектрического генератора энергии генератора, устройство должно выполнять еще следующие потребительские функции:

1. Улавливание солнечного и атмосферного тепла.

В зимний период, поглощенная в панелях (а) солнечная энергия трансформируется в низкопотенциальное тепло и вместе с таким же атмосферным теплом, закачивается в специальный теплоприемник и затем тепловым насосом (к) преобразуется в высокопотенциальное тепло. Оно складывается с высокопотенциальным теплом от теплоэлектростанции, при централизованном отоплении. Его можно накопить в аккумуляторе-радиаторе высокопотенциального тепла (h). Накопленная тепловая энергия может использоваться в аварийных ситуациях на теплотрассе для краткосрочного 1 – 3 суток отопления помещения в зимний период.

2. Выкачивание тепла из помещения, накопления тепла и холода в теплоаккумуляторах помещения, уменьшения теплопотерь помещения.

Большие площади солнечных панелей, дают возможность использовать их как управляемый теплообменник с окружающим воздухом. Это дает возможность использовать их как часть кондиционера зима - лето. Летом в ночное время радиатор-панель (а), (b) будет «выбрасывать» тепло из помещения. Тепло будет «выкачиваться» из теплоаккумулятора (h), в который теплонасос (к) выкачивает тепло из аккумулятора холода (g) и помещения. Зимой низкопотенциальное

тепло из атмосферы поступает в холодоаккумулятор (g), а оттуда «выкачивается» в теплоаккумулятор (h) и помещение. Водный конденсат, возникающий в результате конденсации пара на панелях из атмосферы, периодически убирается, за счет грузика (р) с дворником.

3. Осуществление сбора пыли.

Данный процесс осуществляется путем подачи высокого электрического потенциала с умножителя напряжения (v) на тыльную и лицевую сторону пленки (с), через медные трубки (е). Подавая достаточно высокий потенциал, можно эффективно извлекать из воздуха пыль и даже наночастицы углерода с радиусом вплоть до 30 нанометров. Осажденная на пленке пыль достаточно просто отмывается потоком воды от насоса ( $n_1$ ) в трубках (е) в момент поднятия пленки.

4. Резервирование энергии.

Накопленная в аккумуляторе электрическая энергия, не может быть использована как часть, управляемого по каналам связи, через радиореле, коллективного резервного городского источника электроэнергии. Организационно, экономически и технически подключение такого устройства к сети в часы пик сопровождается огромными трудностями. Для сброса электроэнергии в сеть необходимо что бы энергия с одной точки выброса более 10-20 кВт·час, а значит необходимо объединение десятка отдельных устройств на одну точку выброса. Малая надежность подключения, поскольку в непогоду такую энергию для выброса накопить за сутки не удастся, надёжность такого резерва будет низкая. Энергетические компании крайне щепетильно относятся к присоединению к сети мелких генераторов, даже несмотря на сертификаты на выбрасывающие в сеть инверторы. Основная причина нет надзора за генератором. Вполне возможно самовольное подключение дешевых генераторов меандра, вместо синусовых инверторов.

Роль внутреннего накопителя резервной энергии будет выполнять аккумулятор солнечных батарей (q), подключенный к контроллеру (d). Солнечная энергия, накопленная в аккумуляторах (q), используется без всякого

преобразования для питания светодиодных осветителей помещения (u). В непогоду резерв электроэнергии на вечер будет накапливаться в аккумуляторе с помощью зарядного устройства (s). В этом случае будет реализовано еще одно дополнительное потребительское свойство фотоэлектрического генератора - осветитель помещения, причем энергосберегающими светодиодными излучателями. Кроме того, поскольку пиковые перегрузки в городских электрических сетях частично связаны с одновременным включением света в утреннее и в вечернее время, подключение светодиодных излучателей к независимому от сети генератору энергию, частично будет решать задачу разгрузки городской электрической сети от пиковых перегрузок.

От функции проветривания помещения свежим воздухом, подогретым «телом» солнечной панели с пленкой и очищенной от пыли электризованной пленкой, от функции формирования декоративного капельного фонтана для увлажнения воздуха и сбора им пыли из атмосферы, пришлось отказаться из-за малой эффективности функций, большой сложности ее реализации, понижения суммарной рентабельности всего устройства.

#### Заключение

Обосновано совмещение нескольких потребительских свойств в фотоэлектрическом генераторе энергии для городских условий. Выбраны необходимые и экономически обоснованные дополнительные, совмещенные с возобновляемым источником энергии, устройства и механизмы, подобраны технические решения по обеспечению работоспособности фотоэлектрических источников в городской среде и выявлены дополнительные потребительские функции. Предложены окончательные механизмы функционирования устройства. Разработана функциональная и детальная структурная схема устройства. Для увеличения рентабельности использования резервного фотоэлектрического генератора энергии, в устройстве выполняются следующие функции: Защищаются фотоэлектрические панели от грязи и пыли, от абразивных воздействий, путем использования само

умывающейся прозрачной пленки. Накапливается электроэнергия, тепло и холод для аварийных ситуаций в помещении. За счет подключения светодиодных осветителей помещения от накопленной аккумуляторами электроэнергии сглаживаются пиковые перегрузки в городской сети при одновременном включении освещения многими потребителями. Уменьшится величина дополнительно подключаемых резервных мощностей. Совмещается с солнечной панелью уловитель тепловой энергии солнечного излучения. Выполняется роль внешнего радиатора обмена теплом с атмосферой для активной отопительной и охлаждающей системы (кондиционера помещения). Совмещается с центральным отоплением система кондиционирования помещения и аккумуляирования тепла и холода. Собирается пыль и гарь автомобильных выбросов с окружающей воздушной среды.

Каждая из перечисленных функций может быть отключена или подключена по желанию потребителя, без влияния на другие функции устройства.

#### Список литературы

- 1 Ning Zhu, Combination between the Solar Water Heating System and Civil Architecture, *China's International Conference for the Solar Industry*, , December 11-13, 2012.
- 2 Optimization Mounting System for PV Power Florian Roos, *China's International Conference for the Solar Industry*, December 11-13, 2012.
- 3 Boonstra C., Towards Solar Cities : Low Energy Building for a Renewable Energy Future, *China's International Conference for the Solar Industry*, December 11-13, 2012.
- 4 М. Мейтин, Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы, *Электроника. Наука, технология, бизнес*, 6, 2000 с 40-46.
- 5 Yudelso J., Green Building Through Integrated Design, *McGraw-Hill Professional Publishing* 21.10.2008, Series: McGraw-HiH's Green Source Series ISBN-13: 9780071546010.
- 6 Basnet A., Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings. *Master's Thesis in Sustain-*

able Architecture., Trondheim, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Arts Department of Architectural Design, History and Technology, June 2012.

7 Grid connected PV power source of the ICPE's solar park, *The 12th Wec Central & Eastern Europe regional energy forum - FOREN 2014* June 2014, Bucharest.

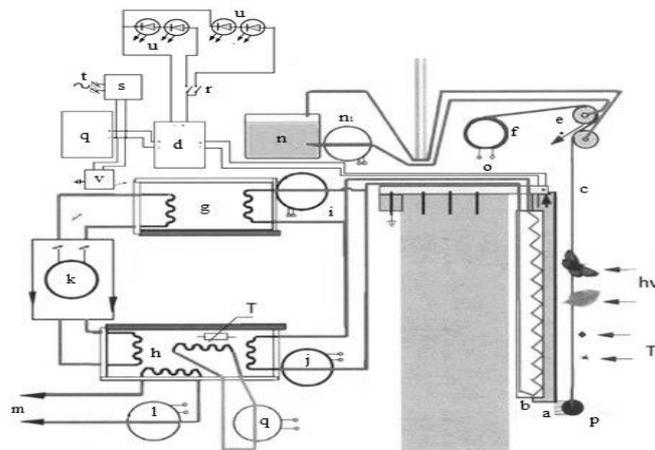
8 Pearce J., Combined photovoltaic solar thermal systems (PVT) - literature review,

Michigan Tech's Open Sustainability Technology Lab. 04.01.2014.

9 Kaya M. - Thermal and Electrical Performance Evaluation of PV/T Collectors in UAE, *Master of Science Thesis*, KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology Stockholm, May 13, 2013.

Принято к печати 20.11.2016

## Приложение 1



а - солнечная панель; б - теплоотвод с теплоносителем; с - подвижная пыле собирающая пленка; d - контроллер заряда аккумулятора; e - блок электрического заряда и умыывания пленки; f - мотор редуктор; g, h - аккумуляторы тепла и холода с теплообменниками; i, j -циркуляционные насосы теплообменников; k - компрессор теплового насоса; l - циркуляционный насос к внешней теплосети; m - теплосеть; n, n<sub>1</sub> - емкость и циркуляционный насос с промывочной жидкостью; o - кабелегон, трубопровод, силовой кронштейн; p - грузик- дворник держатель пленки; q - аккумулятор; r - выключатель освещения; s - зарядное устройство аккумулятора; t - сеть; u - светодиодные осветители v - умножитель напряжения.

Рисунок 1 – Функционально-структурная схема резервного фотоэлектрического генератора энергии для городских условий.

Л. В. Михайлов, С. Л. Михайлова<sup>1</sup>, Г. А. Исмаилова<sup>2</sup>,  
М.Ж. Куатова, А.А. Аппасова, А.Б. Отаров, Д.Р. Мамишев  
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Әл-Фараби даң, 71, 050040 Алматы, Қазақстан

<sup>1</sup>E-mail: skysvetik91@mail.ru

<sup>2</sup>E-mail: guzal\_a81@mail.ru

## ФОТОЭЛЕКТРЛІК ПАНЕЛЬДЕРДІ ҚАЛАЛЫҚ ҒИМАРАТТАРЫНЫҢ ҚАСБЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

**Аннотация.** Бұл жұмыста қалалық жағдайға арналған, қабылдағыш ауданды өздігінен

жинау, дымқылдау және шаң жинау функциялары бар фотоэлектрлік энергия генераторын дайындауға техникалық ұсыныс ойлап табылған, резервтік фотоэлектрлік энергия генераторының функционалды және құрылымдық сызбасы жасалады.

**Маңызды сөздер:** энергия, фотоэлектр қуаты, күн сәулесі, шаң, тазалау, жинау, жылу.

**Л. В. Михайлов, С. Л. Михайлова<sup>1</sup>, Г. А. Исмаилова<sup>2</sup>,  
М.Ж. Куатова, А.А. Аппасова, А.Б. Отаров, Д.Р. Мамишев**  
*КазНУ им. аль-Фараби, пр. Аль-Фараби, 71, 050040 Алматы, Казахстан*  
<sup>1</sup>*E-mail: skysvetik91@mail.ru*  
<sup>2</sup>*E-mail: guzal\_a81@mail.ru*

## **ЗАДАЧИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НА ФАСАДАХ ГОРОДСКИХ СТРОЕНИЙ**

**Аннотация.** В работе выработано техническое предложение для разработки фотоэлектрического генератора энергии для городских условий с функциями самоочищения приемной площадки, увлажнения и пылесобирания, разработана функционально-структурная схема резервного фотоэлектрического генератора энергии.

**Ключевые слова:** энергия, фотоэлектричество, свет, пыль, очистка, улавливание, тепло.

**L.V. Mikhailov, S. L. Mikhailova<sup>1</sup>, G. A. Ismailova<sup>2</sup>,  
M.J. Kuvatova, A.A. Appasova, A.B. Otarov, D.R. Mamishev**  
*Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi ave., 050040 Almaty, Kazakhstan*  
<sup>1</sup>*E-mail: skysvetik91@mail.ru*  
<sup>2</sup>*E-mail: guzal\_a81@mail.ru*

## **OBJECTIVES OF USE PHOTOVOLTAIC PANELS ON THE FACADES OF CITY BUILDINGS**

**Annotation.** The work produced a technical proposal for the development of photovoltaic power generator for the urban environment with the functions of self-purification of the reception area, moisture, and dust collection, developed a functional-block diagram of a photovoltaic power backup generator.

**Keywords:** energy, photovoltaics, light, dust, purification, capture, warm.