



Using solar energy by a smart window for the needs of urban residents

Leonid Mikhailov, Svetlana Mikhailova, Guzal Ismailova, Raiymbek Yersaiyn, Nursultan Kenes, Oleg Lavrishev, Valery Nikulin

IETP, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi avn. 050040 Almaty, Kazakhstan

Abstract

Исследование посвящено разработке устройства работающего на солнечных батареях с функциями пылеулавливания, с возможностью регулирования светового и теплового, а так же звукового потока в помещении. Целью данной разработки является повышение рентабельности устройства и его потребительской привлекательности, использующего солнечную энергию в городских условиях. Высота расположения солнечной панели и защитной пластины относительно окна регулируется прописанными сценариями на контроллере Arduino. В работе были подобраны технические решения монтирования конструкции устройства, передвижения подвижных модулей и разработан вариант использования дополнительного зелёного блока из рулонного газона. Моделирование технической части устройства было выполнено в программе AutoCAD Mechanical. Так же была сконструирована действующая модель устройства, выполненный в масштабе 1:5 для тестирования реализованных функций. Данное устройство может быть использовано для улучшения экологии городов, расположенных между 35° и 55° широтами.

Keywords: smart window, green buildings, building facade, solar energy, sustainable development;

Introduction

В Казахстане, согласно общемировым целям устойчивого развития [1], взят курс на увеличение доли зеленой энергетики в рамках улучшения экологической обстановки [2]. В городах, где особенно явно чувствуется ухудшение экологии, использование возобновляемых источников энергии в жилых и офисных помещениях может привести к сокращению выбросов парниковых газов [3] и улучшению окружающей среды. Традиционно солнечные панели устанавливают на крышах зданий. Однако, в крупных городах где расположены в основном многоэтажные здания более рационально использовать фасад здания нежели крышу.

Чтобы оценить наличие потребительского спроса на использование технологии модернизации фасадов были проведены опросы целесообразности экологического строительства [4, 5] и рассчитана примерная стоимость содержания зелёных зданий [6, 7].

В разных странах в настоящее время разрабатываются различные виды прототипов использования площадей фасадов для разных широт [8]. Например, в [9] был разработан прототип многофункционального smart-окна, использующего комбинацию фотоэлектрических жалюзи (PV) с системой вентиляции здания, а в [10] тепловую энергию выделяемую солнечными панелями использовали для отопления и охлаждения помещений. В то же время в Египте было проведено включение солнечных фотоэлектрических систем в

фасады жилой виллы [11]. В [12] и [13] были смоделированы и спроектированы системы для контроля пропускания излучения электрохромными окнами

. Одновременно с использованием солнечной энергии, есть прототипы расположения вертикальных садов на фасадах зданий [14] в качестве альтернативного испарительного охлаждающего устройства для жаркого климата. Безусловно, модернизация фасадов жилых зданий и их обслуживание ляжет на плечи потребителей, однако согласно [15] в Израиле потребители, при выборе между традиционным зданием и «зеленым зданием» выбрали последнее и были готовы платить за него на 30% больше, чем за традиционное.

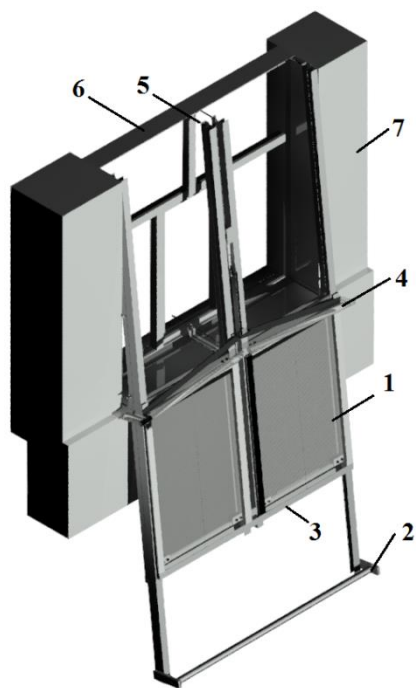
Однако, несмотря на различные варианты технических решений по модернизации фасадов, в [16] жители и работники зданий с «зелеными фасадами» были недовольны качеством окружающей среды внутри помещения. В частности, люди отмечали неэффективность блокировки естественного освещения, что влияло на работоспособность и производительность.

В данной работе предлагается использовать солнечные панели, закреплённые на фасаде здания для регулирования светового и звукового потока в помещение. Актуальность проектирования связана с общемировыми целями устойчивого развития [1], а именно: Цель 11 - направленная на улучшение экологии городов, Цель 7 - пропаганда использования чистой энергии и Цель 13 - меры по борьбе с изменением климата.

Results & Discussion

Разрабатываемое устройство имеет модульный принцип для упрощения эксплуатации и состоит из основного силового модуля, 2 солнечных панелей площадью 0.85 м^2 с номинальной мощностью 125 Вт, прозрачной диэлектрической пластины на которой наводится заряжающий потенциал, мобильного блока с растительностью, промывочного блока и блока автоматизации, который подключён в общую электрическую схему устройства.

Одними из особенностей разрабатываемого устройства, 3D макет которого представлен на рисунке 1, является простота эксплуатации – для монтирования всех модулей не нужно заказывать специальную технику.



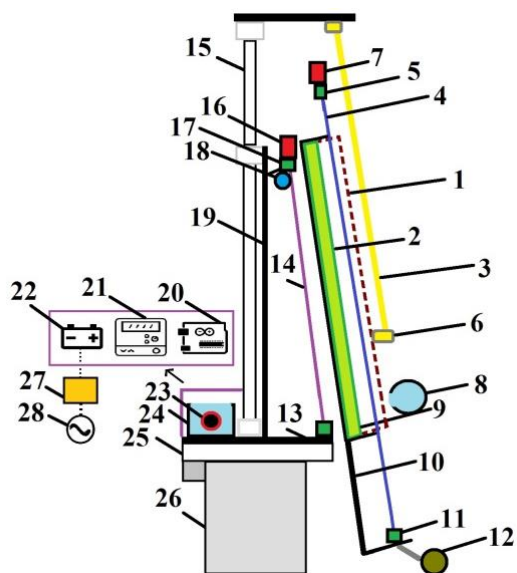
- 1 – солнечная панель;
- 2 – высоковольтный заряжающий электрод;
- 3 – крепление ПММА пластины;
- 4 – промывочный модуль с дворником;
- 5 – уголки по которым движутся солнечные панели;
- 6 – оконная рама;
- 7 – наружный фасад здания

Fig. 1. 3D макет разрабатываемого устройства, выполненный в программе AutoCAD Mechanical

Как видно из рисунка 1, крепление устройства осуществляется через окно на фасаде жилого или офисного здания. Панели могут двигаться вверх и вниз по направляющей шпильке, расположенной под углом 5-10° (зависит от глубины наружного оконного проёма) по отношению к фасаду здания. Движение панелей и защитной пластинки ограничено снизу размерами солнечной панели, а сверху габаритами окна. Наличие подвижной пластины из оргстекла (Plexiglas, 3 мм), которое защищает лицевую поверхность солнечной панели от загрязнения в пассивном режиме, позволяет при поднятии по метрической винтовой передаче выполненной на крепёжной шпильке заслонять звуковой поток и избыточное естественное освещение в помещение с улицы. Дополнительной функцией защитной пластины является улавливание пылевых частиц из внешней среды [17], которые удерживаются на поверхности панели наведённым потенциалом с внешнего электрода и периодически прочищаются дворником. Помимо непосредственной очистки лицевой поверхности от пыли дворник убирает электростатический потенциал с поверхности панели, позволяя осуществлять цикл наведения заряда на пылинки и их последующий сбор заново.

Система управления устройством, по сути smart-окном, выполняется на базе контроллера Arduino с использованием произвольной логики (сценарии) на различные события в помещении и вне его. Эти события включают в себя: а) смена циклов дня и ночи, б) наличие и отсутствие допустимого уровня шума [18] в) наличие и отсутствие чрезмерного естественного освещения [19] д) наличие и отсутствие осадков в летний/зимний период, е) наличие и отсутствие ветра. В зависимости от выбранного сценария работы меняется: высота поднятия солнечных панелей и защитной пластины; величина подаваемого заряжающего потенциала на пластину; частота очистки лицевой поверхности пластины дворником; блокировка функций в случае чрезвычайных ситуаций.

Помимо перечисленных функций и модулей разрабатывается вариант добавления модуля вертикального озеленения (Рисунок 2).



1 – солнечная батарея; 2 – зелёный блок; 3 - защитная пластина из ПММА; 4 – шпилька, по которой движется защитная панель; 5, 11, 17 - подшипники скольжения; 6 – резинка для очистки лицевой поверхности солнечной панели; 7, 16 – мотор-редуктор; 8 – промывочный дворник; 9 – крепление промывочного дворника; 10 - крепёж солнечной панели и зелёного блока (уголки); 12 – заряжающий электрод; 13 – крепление устройства через подоконник; 14 – шпилька для движения солнечных панелей и зелёного блока; 15 – окно; 18 – блок-ключ ; 19 – вертикальное крепление устройство; 20 – контроллер Arduino; 21 – контроллер; 22 – аккумулятор; 23 – насос; 24 – контейнер с водой; 25 – подоконник; 26 – стена; 27 – блок питания; 28 – электросеть;

Fig. 2. Блок схема варианта устройства с зелёным блоком

Согласно рисунку 2, для выбранного окна предлагается использование 2х солнечных панелей, одну из двух панелей или рядом с панелями можно заменить на блок из растений (в модели планируется использовать рулонный газон), который будет осуществлять как декоративные функции, так и повышать влажность воздуха, улавливать пыль и углекислый газ.

В настоящее время изготовлена действующая модель разрабатываемого устройства, уменьшенная в масштабе 1:5, а так же изготавливается макет устройства в натуральную величину.

Поскольку устройство будет испытывать достаточно жёсткие механические нагрузки от силы тяжести и ветра, каркас выполняется из прочного, устойчивого к коррозии материала – дюралюминия марки АД 31. Как показано на рисунке 2, сквозь оконную раму протянуты шпильки Ф10, хомутами прижатые к стенам здания, потолку и подоконнику. Каркас рассчитывается на массу 200 кг. К шпилькам прикрепляются

четыре несущих уголка, по которым перемещаются солнечная и растительная панели. За 5-10 минут (зависит от габаритов устройства) панель переместиться из одного крайнего положения в другое, поглотив из аккумулятора не более 2 Вт·час электроэнергии на преодоление сил трения в шпильке с метрической резьбой, трения в редукторе и силы тяжести панелей.

Использование системы предназначено для городов, расположенных в средних широтах (между 35° и 55° широтами, т.е. там, где необходимо запастись теплом), таких как Алматы, Пекин, Сеул и т.д., где проблемы, связанные с экологией стоят особенно остро.

Conclusion

В работе была обоснована возможность регулирования чрезмерного светового и звукового потоков в помещении и из него с возможностью самоочищения и пылеулавливания через устройство smart-окно в бытовой оконной системе с использованием солнечной энергии. В работе были подобраны технические решения монтирования устройства, мобильности блоков и разработан вариант использования дополнительного зелёного блока из рулонного газона. Моделирование технической части устройства было выполнено в программе AutoCAD Mechanical. Так же был сконструирован макет устройства, выполненный в масштабе 1:5 для тестирования реализации разрабатываемых потребительских функций. Данное устройство может быть использовано для улучшения экологии городов умеренных широт.

Acknowledgements

This research was supported by the grant AP05132897 of the Ministry of Education and Science of Kazakhstan Republic

References

- [1] United Nations, Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, seventeen ses., New York, 2015
- [2] K. Baizakova and M. Bolatkhana and G. Baikushikova, Int J Env Sci Ed. 11 (2016) 11569-11583
- [3] K. Panopoulos and A. M. Papadopoulos, Advanced in building Energy Research. 5 (2015) 26-36
- [4] V. Venkataraman and J. C. P. Cheng, J. Archit. Eng. 24 (2018) 04018025-1-04018025-10
- [5] M.A. Berawi et al., Journal of Design and Built Environment 18 (2018) 37-45
- [6] L. Lung, M. Shaurette, Revista Ingeniería de Construcción. 33 (2018) 183-192
- [7] Sh. Yin, B. Li and Z. Xing, Science of the Total Environment. 677 (2019) 19–33
- [8] L. Mikhailov, S. Mikhailova, G. Ismailova et al. Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy (2017) 609-617
- [9] W. Jung et al., Building and Environment. 149 (2019) 366-378
- [10] A. Riaz et al., Building Serv. Eng. Res. Technol. (2019) 1-22
- [11] N. M. Farrag1 and Sh. Omran, J. Eng. Appl. Sci. 12 (2017) 5991-6012
- [12] J. Dussault, L. Gosselin, Energy and Buildings 153 (2017) 50-62
- [13] D. Papathanasopoulos, G. Leftheriotis and E. Mitronikas, Journal of Building Engineering 12 (2017), 248-258
- [14] M. Davis, A. L. Espinosa, F. R. Ramirez, Smart and Sustainable Built Environment, 8 (2019) 243-252
- [15] Sh. Ofek, S. Akron, B. A. Portnov, Sustainable Cities and Society. 40 (2018) 165-173
- [16] C. Aigbavbo and W. D. Thwala, Journal of Green Building. 14 (2019) 131-148
- [17] L.V. Mikhailov et al., Rec. Contr. Phys. 67 (2018) 100-107
- [18] GOST 12.1.036-81 SSBT. Noise. Permissible levels in residential and public buildings
- [19] SNiP RK 2.04-05-2002 Natural and artificial lightning