

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303636

THE RESULT OF THE INVESTIGATION OF A NEW MICROMODULE GAS BURNER WITH A SUDDEN EXPANSION AT THE OUTLET (p. 6–15)**Abay Dostiyarov**Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6559-8598>**Nurbubi Sarakeshova**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9362-7740>**Ayaulym Yamanbekova**Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9670-5288>

The object of the study is a new micromodule gas burner for small hot water boilers, in which, to stabilize combustion, the phenomena of flow disruption due to sudden expansion at the outlet of the burner are used. Today, there is an urgent task related to the development of new technical solutions for the most efficient and environmentally pure combustion of fuel in power plants, particularly, it is necessary to pay special attention to the stabilization of the flare. The combustion characteristics in this burner have been studied experimentally and theoretically, calculations are given for modeling a micromodule gas burner with a sudden expansion at the outlet, in particular, the model of a burner device for burning natural gas (propane) was modeled in the Ansys Fluent 2021 R1 software package. As a result of the experiment, the length of the torch was reduced, as well as the concentrations of harmful NO_x emissions were reduced with improved indicators of combustion completeness and temperature uniformity of the field. The results of experiments with different nozzles are presented, namely nozzles with slots at the outlet $d_1 = 0.12$ m and $d_2 = 0.15$ m. The number of modes in each experiment is 5. Mathematical modeling of this burner with the possibility of evaluating the effectiveness of these measures will allow us to develop optimal operating modes of power plants and develop new technical solutions to reduce the emission of pollutants. Based on the experimental data obtained, graphs were constructed (completeness of combustion, temperature unevenness, concentration of substances), and the results were summarized. In general, these characteristics will increase the efficiency of using this burner in hot water boilers.

Keywords: burner device, gas, stabilizers, sudden expansion, recirculation zones, harmful emissions.

References

- Liao, S., Cheng, Q., Jiang, D., Gao, J. (2005). Experimental study of flammability limits of natural gas-air mixture. *Journal of Hazardous Materials*, 119 (1-3), 81–84. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.09.031>
- Zhang, B., Xiu, G., Bai, C. (2014). Explosion characteristics of argon/nitrogen diluted natural gas-air mixtures. *Fuel*, 124, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.01.090>
- Lee, H. C., Jiang, L. Y., Mohamad, A. A. (2014). A review on the laminar flame speed and ignition delay time of Syngas mixtures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39 (2), 1105–1121. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.10.068>
- Mizher, U. D., Chukalin, A. V., Busygin, S. V., Koval'nogov, V. N., Fedorov, R. V. (2020). Modelirovanie i issledovanie protsessov goreniya toplivovozdushnyh smesey na osnove biogaza. *Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, 2-3, 35–41.
- Chen, C., Qin, C., Chen, Z. (2022). Experimental and simulation study of key parameters of low NO_x water-cooled burners. *Case Studies in Thermal Engineering*, 40, 102576. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102576>
- Redko, A., Redko, I. (2017). Numerical Investigation of the Low-Caloric Gas Burning Process in a Bottom Burner. *Problemele Energeticii Regionale Termoeenergetica*, 2 (34), 72–81. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1188850>
- Pourhoseini, S. H. (2017). A novel configuration of natural gas diffusion burners to enhance optical, thermal and radiative characteristics of flame and reduce NO_x emission. *Energy*, 132, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.167>
- Liu, Y., Ning, Z., Sun, C., Lv, M., Wei, Y. (2024). Experimental and modeling study of full-condition combustion characteristics of exhaust gas burners for solid oxide fuel cells. *Fuel*, 365, 131321. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.131321>
- Varghese, R. J., Kolekar, H., Hariharan, V., Kumar, S. (2018). Effect of CO content on laminar burning velocities of syngas-air premixed flames at elevated temperatures. *Fuel*, 214, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.131>
- Alberti, M., Weber, R., Mancini, M. (2016). Re-creating Hottel's emissivity charts for water vapor and extending them to 40 bar pressure using HITEMP-2010 data base. *Combustion and Flame*, 169, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2016.04.013>
- Merci, B., Beji, T. (2016). *Fluid Mechanics Aspects of Fire and Smoke Dynamics in Enclosures*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b21320>
- Huang, H., Xue, X., Liu, Y., Zhao, J., Tian, M., Niu, Y. (2024). Numerical studies of a water-cooled premixed burner for low NO_x combustion of natural gas. *Journal of the Energy Institute*, 114, 101647. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2024.101647>
- Norwazan, A. R., Mohd Jaafar, M. N. (2014). Diesel Performances During Combustion using high Swirling Flow in Unconfined Burner. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 8 (7), 62–68.
- Krishna Prasad, A. (2021). An experimental study on premixed type producer gas burner. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, 3 (9), 1–11. Available at: <https://repo.ijert.org/index.php/ijert/article/view/918>
- Ovchinnikov, A. A., Har'kov, V. V. (2014). Opisaniye struktury zakruchennykh potokov v vihrevykh kamerah. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, 17 (23), 322–325.
- Khalili-Garakani, A., Iravaninia, M., Nezhadfarid, M. (2021). A review on the potentials of flare gas recovery applications in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123345. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123345>
- Hosseini, S. E., Bagheri, G., Wahid, M. A. (2014). Numerical investigation of biogas flameless combustion. *Energy Conversion and Management*, 81, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.02.006>

18. Hosseini, S. E., Wahid, M. A. (2013). Biogas utilization: Experimental investigation on biogas flameless combustion in lab-scale furnace. *Energy Conversion and Management*, 74, 426–432. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.06.026>
19. Snegirev, A., Kuznetsov, E., Markus, E., Dehghani, P., Sunderland, P. (2021). Transient dynamics of radiative extinction in low-momentum microgravity diffusion flames. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38 (3), 4815–4823. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.06.110>
20. Galley, D., Ducruix, S., Lacas, F., Veynante, D. (2011). Mixing and stabilization study of a partially premixed swirling flame using laser induced fluorescence. *Combustion and Flame*, 158 (1), 155–171. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2010.08.004>
21. Mizher, U. D. (2020). Modelirovanie protsessov gorenija tangentsial'no zakruchennoy toplivovozdushnoy smesi. *Matematicheskoe modelirovanie, chislennye metody i komplekсы programm: IX Mezhdunarodnaya nauchnaya molodezhnaya shkola-seminar imeni E. V. Voskresenskogo*. Saransk: SVMO, 247–251.
22. Dostiyarov, A., Sadykova, S. (2022). Micro-modular air driven combustion nozzle: Experimental and numerical modelling studies towards optimal geometric design. *Thermal Science*, 26 (2 Part B), 1557–1566. <https://doi.org/10.2298/tsci210410257d>
23. Sarakeshova, N. N., Dostiyarov, A. M. (2022). Pat. No. 36180 RK. Mikromodul'naya gazovaya gorelka. No. 2022/0015.1; declared: 17.01.2022; published: 21.07.2023.
24. Sarakeshova, N. N., Makzumova, A. K., Vernitskas, P., Kartjanov, N. R. (2023). Numerical simulation of aerodynamic air flow in a micro-module gas burner. *Proceedings of the XI International scientific-practice conference «Actual problems of transport and energy: The ways of its innovative solutions»*. Astana.
25. Ansys Fluent Theory Guide (2017). Ansys Inc.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305625
DEVELOPMENT OF A MOBILE WIND
POWER PLANT FOR POWER SUPPLY TO
TROOPS (p. 16–32)

Erkin Adilbekov

Kazakh National Agrarian Research University,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2446-8558>

Bolat Kabulov

Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7619-2622>

Gulmira Tugelbayeva

Military Institute of Land Forces
 named after S. Nurmagambetov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8934-2685>

Sultan Ybray

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
 Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5262-2149>

The study examined the feasibility of using wind energy to supply energy to field military shooting ranges of the Armed Forces of the Republic of Kazakhstan. The object of study is a mobile wind turbine with a vertical axis of rotation. Theoretical studies have identified key factors influencing turbine modes and performance, which has led to the selection of optimal placement options. The

proposed system took into account the power supply needs of troops in the field, with special attention to the energy-consuming equipment of field military shooting ranges as the main consumers. A comparative analysis has established the superiority of a mobile wind turbine with a vertical axis over traditional wind generators with a horizontal axis. The developed turbine design provides full coverage of the airflow regardless of direction, with an optimal blade angle of 60°. Theoretical studies included studying the airflow around the blade at different angles of attack, which provides insight into drag and lift. The basis for the development was the designed model of a mobile wind turbine, protected by a patent, characterized by mobility, sectionality and the ability to adapt to various environmental conditions. Its simple and compact design, combined with a vertical axis of rotation, ensures an uninterrupted power supply, especially at remote military installations and border areas. This research led to the development of a model for calculating the parameters of a mobile wind turbine suitable for powering troops in the field. The study demonstrates the potential of mobile wind power plants to significantly enhance energy reliability at military shooting ranges. The calculated results confirm the viability of mobile wind turbines in providing power support for shooting activities at these ranges.

Keywords: wind turbine, mobile wind turbine, swept area, field power supply.

References

1. Cumulative installed capacity of wind power worldwide in 2023, by country (in megawatts). Available at: <https://www.statista.com/statistics/217522/cumulative-installed-capacity-of-wind-power-worldwide/>
2. de Falani, S. Y. A., González, M. O. A., Barreto, F. M., de Toledo, J. C., Torkomian, A. L. V. (2020). Trends in the technological development of wind energy generation. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 19 (1), 43–68. https://doi.org/10.1386/tmsd_00015_1
3. Spiru, P., Lizica-Simona, P. (2018). Technical and economical analysis of a PV/wind/diesel hybrid power system for a remote area. *Energy Procedia*, 147, 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.102>
4. Naughton, B., Houchens, B., Summerville, B., Jimenez, T., Preus, R., Reen, D. et al. (2022). Design Guidelines for Deployable Wind Turbines for Defense and Disaster Response Missions. *Journal of Physics: Conference Series*, 2265 (4), 042074. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2265/4/042074>
5. Antonio, J., Summerville, B. (2022). Design Innovations for Deployable Wind Turbines. *The Military Engineer*. NREL-JA-7A40-79197. Available at: <https://www.osti.gov/biblio/1859738>
6. Anuraj, U., Hameed, S. H. I., Rajakaruna, R. M. D. A., Ktdys, P., Madhwantha, W. K. D. C. D. (2022). Conceptualizing a Design and Prototyping Method for a Reconfigurable and Portable Archimedes Spiral Wind Turbine. *2022 7th International Conference on Environment Friendly Energies and Applications (EFEA)*. <https://doi.org/10.1109/efea56675.2022.10063804>
7. Nguyen, L., Metzger, M. (2017). Optimization of a vertical axis wind turbine for application in an urban/suburban area. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 9 (4). <https://doi.org/10.1063/1.4994574>
8. Mussilimov, K. (2019). Automation of the wind energy complex based on the Bolotov rotary turbine (WRTB). *Information Technologies, Management and Society*.

9. Bolotov, A. V. (2014). Energy saving: strategy, tactics and technologies. *Bulletin of the National. Eng. Academy of the Republic of Kazakhstan*, 2 (52), 73–79.
10. Adilbekov, E. K. et al. (2018). Utility Model Patent No. 3631 Republic of Kazakhstan. Mobile sectional module of wind generators. declared: 05.11.2018; published: 02.08.2019.
11. Adilbekov, E. K., Gruzin, V. V., Berdibekov, A. T., Dolya, A. V. (2023). Utility Model Patent No. 8021 of the Republic of Kazakhstan. published: 04.28.2023.
12. Bezrukikh, P. P., Bezrukikh, P. P. (ml.), Gribkov, S. V. (2014). *Vetroenergetika [Wind Energy]*. Moscow: Intekhenergoizdat, Teploenergetik, 304.
13. Simic, Z., Havelka, J. G., Bozicevic Vrhovcak, M. (2013). Small wind turbines – A unique segment of the wind power market. *Renewable Energy*, 50, 1027–1036. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.038>
14. Alqurashi, F., Mohamed, M. H. (2020). Aerodynamic Forces Affecting the H-Rotor Darrieus Wind Turbine. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2020, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2020/1368369>
15. Wood, D. H. (2014). Ideal wind turbine performance at very low tip speed ratio. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 6 (3). <https://doi.org/10.1063/1.4879276>
16. Shepherd, W., Zhang, L. (2016). *Electricity Generation Using Wind Power*. World Scientific. <https://doi.org/10.1142/9978>
17. Whittlesey, R. (2017). Vertical Axis Wind Turbines. *Wind Energy Engineering*, 185–202. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809451-8.00010-2>
18. Bhatia, S. C. (2014). Wind energy. *Advanced Renewable Energy Systems*, 184–222. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-269-3.50008-5>
19. Yahyaoui, I., Cantero, A. S. (2018). Modeling and Characterization of a Wind Turbine Emulator. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*, 491–508. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812959-3.00016-2>
20. Adefarati, T., Bansal, R. C. (2019). Energizing Renewable Energy Systems and Distribution Generation. *Pathways to a Smarter Power System*, 29–65. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102592-5.00002-8>
21. Habibi, H., Howard, I., Simani, S. (2019). Reliability improvement of wind turbine power generation using model-based fault detection and fault tolerant control: A review. *Renewable Energy*, 135, 877–896. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.066>
22. Wang, X., Niu, W., Gu, W. (2021). Applied Systems Theory: Wind Turbine Output Power Prediction based on Wind Energy Utilization Coefficient. *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 15, 356–366. <https://doi.org/10.46300/9106.2021.15.39>
23. Oleynikova, I., Lagoda, O., Isaiev, D. (2023). Testing the efficiency of the installation of basalt wind turbines with Onipko rotor. *Creativitate. Tehnologie. Marketing*, 4, 142–147. Available at: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/142-147_31.pdf
24. He, X., Geng, H., Mu, G. (2021). Modeling of wind turbine generators for power system stability studies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110865. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110865>
25. Arteaga-López, E., Ángeles-Camacho, C., Bañuelos-Ruedas, F. (2019). Advanced methodology for feasibility studies on building-mounted wind turbines installation in urban environment: Applying CFD analysis. *Energy*, 167, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.191>
26. Bolotov, A. V., Bolotov, S. A., Bolotov, N. S. (2007). Pat. No. 2352809 RU. Bolotov's wind-driven electric plant. No. 2007133572/0; declared: 07.09.2007; published: 20.04.2009.
27. Kalimbetov, G. P., Atageldieva, L. Zh. (2016). Relevance of the development of the use of alternative energy sources in Kazakhstan. *Int. Journal of Applied and Fundamental Research*, 8-4, 588–592.
28. Bukala, J., Damaziak, K., Kroszczyński, K., Krzeszowiec, M., Malachowski, J. (2015). Investigation of parameters influencing the efficiency of small wind turbines. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 146, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2015.06.017>
29. Aubakirov, R. D., Virailo, A. O., Gavrilovich, E. V. (2016). Example of Calculation of Wind Power Plant Parameters for Low-Power Consumers. *Molodoi Ucheny*, 28, 4–6.
30. Da Rosa, A. V., Ordóñez, J. C. (2021). *Fundamentals of renewable energy processes*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-05615-5>
31. Bezrukikh, P. P. (2008). *Use of wind energy*. Moscow: Kolos Publ., 196.
32. Gerling, D. (2015). *Electrical Machines*. In *Mathematical Engineering*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17584-8>
33. Solomin, E. V. (2011). Iterative optimization of parameters and operating modes of vertical-axial wind turbines. *Bulletin of South Ural State University. Series: Energetika*, 15 (232), 73–81.
34. Patent for Invention No. 33214 Republic of Kazakhstan. Wind generator with magnetic blades (2017). declared: 01.25.2017; published: 10.26.2018.
35. Utility Model Patent No. 1955 Republic of Kazakhstan. Wind generator installed on a kite (2015). declared: 12.21.2015; published: 12.30.2016.
36. Innovative Patent No. 28006 Republic of Kazakhstan (2012). Wind generator installed on an air coil. declared: 04.26.2012; published: 12.25.2013.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302728

IDENTIFYING ENHANCEMENT OF DOUBLE SLOPE SOLAR STILL PERFORMANCE BY ADDING WATER COOLING TO WALLS (p. 33–44)

Nova Risdiyanto Ismail

Universitas Widyagama Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8439-6919>

Purbo Suwandono

Universitas Widyagama Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4085-1291>

Dadang Hermawan

Universitas Widyagama Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9053-9090>

Frida Dwi Anggraeni

Universitas Widyagama Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5117-3815>

The object of this research is a double-slope solar still with the addition of water cooling on the wall (DSSS.WCW). The issue with solar stills is that the temperature of the cover glass is quite high, which consequently reduces the rate of evaporation. Methods to reduce the cover glass temperature involve water cooling, by flowing water and spraying it onto the cover glass. Both of these methods

have been shown to reduce the temperature of the cover glass, but they still require additional energy and can decrease the solar radiation energy received by the absorber plate. This research proposes using a water cooling method on the wall that does not require additional energy and can prevent a reduction in the solar radiation energy received by the absorber plate. Experimental and theoretical research was conducted to study the effect of using DSSS.WCW. The results showed a 13.48 % reduction in the cover glass temperature, consequently increasing the temperature difference between the fins and the cover glass by 9.82 °C. The increase in temperature difference resulted in a 13.82 % increase in freshwater productivity theoretically by 2.80 kg/hour and a 13.10 % increase experimentally for the DSSS.WCW by 2.58 kg/hour. In addition, there was a theoretical increase in energy efficiency of 22.29 % and an experimental increase of 22.82 %, along with an increase in exergy efficiency of 15.71 %. The implementation of water cooling on the wall has been shown to enhance the efficiency of the double-slope solar still. In addition, the water cooling method on the wall does not reduce the solar radiation energy that can be received by the absorber plate and does not require additional energy. The results of this research can be applied in remote islands in Indonesia, particularly during the dry season.

Keywords: solar still, water cooling, productivity, energy efficiency, exergy efficiency.

References

- Schwerdtner Mnez, K., Husain, S., Ferse, S. C. A., Mnez Costa, M. (2012). Water scarcity in the Spermonde Archipelago, Sulawesi, Indonesia: Past, present and future. *Environmental Science & Policy*, 23, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.07.004>
- Boretti, A., Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *Npj Clean Water*, 2 (1). <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Al-Mezeini, S. S. S., Siddiqui, M. A., Shariq, M., Althagafi, T. M., Ahmed, I. A., Asif, M. et al. (2023). Design and Experimental Studies on a Single Slope Solar Still for Water Desalination. *Water*, 15 (4), 704. <https://doi.org/10.3390/w15040704>
- M.S., S., Elmakki, T., Schipper, K., Ihm, S., Yoo, Y., Park, B. et al. (2024). Integrated seawater hub: A nexus of sustainable water, energy, and resource generation. *Desalination*, 571, 117065. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.117065>
- Bhargava, M., Yadav, A. (2021). Factors affecting the performance of a solar still and productivity enhancement methods: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (39), 54383–54402. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15983-z>
- Mevada, D., Panchal, H., Ahmadein, M., Zayed, M. E., Alsaleh, N. A., Djuansjah, J. et al. (2022). Investigation and performance analysis of solar still with energy storage materials: An energy- exergy efficiency analysis. *Case Studies in Thermal Engineering*, 29, 101687. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101687>
- Vengadesan, E., Senthil, R. (2020). A review on recent development of thermal performance enhancement methods of flat plate solar water heater. *Solar Energy*, 206, 935–961. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.06.059>
- Abdullah, A. S., Panchal, H., Alawee, W. H., Omara, Z. M. (2023). Methods used to improve solar still performance with generated turbulence for water desalination- detailed review. *Results in Engineering*, 19, 101251. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101251>
- Morad, M. M., El-Maghawry, H. A. M., Wasfy, K. I. (2015). Improving the double slope solar still performance by using flat-plate solar collector and cooling glass cover. *Desalination*, 373, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.06.017>
- Sharshir, S. W., El-Samadony, M. O. A., Peng, G., Yang, N., Essa, F. A., Hamed, M. H., Kabeel, A. E. (2016). Performance enhancement of wick solar still using rejected water from humidification-dehumidification unit and film cooling. *Applied Thermal Engineering*, 108, 1268–1278. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.07.179>
- Ketabchi, F., Gorjian, S., Sabzehparvar, S., Shadram, Z., Ghoreishi, M. S., Rahimzadeh, H. (2019). Experimental performance evaluation of a modified solar still integrated with a cooling system and external flat-plate reflectors. *Solar Energy*, 187, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.05.032>
- Sharshir, S. W., Peng, G., Wu, L., Essa, F. A., Kabeel, A. E., Yang, N. (2017). The effects of flake graphite nanoparticles, phase change material, and film cooling on the solar still performance. *Applied Energy*, 191, 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.067>
- Ambarita, H., William, Nababan, J. P. (2020). Effect of cooling water on the glass cover of the double slope solar still. *Journal of Physics: Conference Series*, 1542 (1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1542/1/012058>
- Khan, M. Z., Nawaz, I., Tiwari, G. N., Meraj, M. (2021). Effect of top cover cooling on the performance of hemispherical solar still. *Materials Today: Proceedings*, 38, 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.513>
- Elmaadawy, K., Kandeal, A. W., Khalil, A., Elkadeem, M. R., Liu, B., Sharshir, S. W. (2021). Performance improvement of double slope solar still via combinations of low cost materials integrated with glass cooling. *Desalination*, 500, 114856. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114856>
- Hameed, H. G. (2022). Experimentally evaluating the performance of single slope solar still with glass cover cooling and square cross-section hollow fins. *Case Studies in Thermal Engineering*, 40, 102547. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102547>
- Suraparaju, S. K., Natarajan, S. K. (2022). Effect of natural sisal fibre on enhancing the condensation rate of solar still for sustainable clean water production. *Thermal Science and Engineering Progress*, 36, 101527. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2022.101527>
- Kandeal, A. W., El-Shafai, N. M., Hammad, F. A., Elsharkawy, M., El-Mehasseb, I., Amro, M. I. et al. (2023). Performance enhancement of modified solar distillers using synthetic nanocomposites, reflectors, cover cooling, and ultrasonic foggers: Experimental approach. *Solar Energy*, 254, 123–136. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.03.008>
- Agrawal, A., Rana, R. S., Srivastava, P. K. (2017). Heat transfer coefficients and productivity of a single slope single basin solar still in Indian climatic condition: Experimental and theoretical comparison. *Resource-Efficient Technologies*, 3 (4), 466–482. <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2017.05.003>
- Agrawal, A., Rana, R. S. (2019). Theoretical and experimental performance evaluation of single-slope single-basin solar still with multiple V-shaped floating wicks. *Heliyon*, 5 (4), e01525. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01525>
- Ismail, N., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., Wijayanti, W. (2019). The influence of pores size and type of aggregate on capillary heat and mass transfer in porous. *Journal of Applied Engineering Science*, 17 (1), 8–17. <https://doi.org/10.5937/jaes17-18090>

22. Kundu, B., Yook, S.-J. (2021). An accurate approach for thermal analysis of porous longitudinal, spine and radial fins with all nonlinearity effects – analytical and unified assessment. *Applied Mathematics and Computation*, 402, 126124. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126124>
23. Gaur, M. K., Tiwari, G. N. (2010). Optimization of number of collectors for integrated PV/T hybrid active solar still. *Applied Energy*, 87 (5), 1763–1772. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.019>
24. Fath, H. E. S., Hosny, H. M. (2002). Thermal performance of a single-sloped basin still with an inherent built-in additional condenser. *Desalination*, 142 (1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/s0011-9164\(01\)00422-2](https://doi.org/10.1016/s0011-9164(01)00422-2)
25. Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Eisa, A. (2018). Enhancing the performance of single basin solar still using high thermal conductivity sensible storage materials. *Journal of Cleaner Production*, 183, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.144>
26. Hassan, H., Yousef, M. S., Ahmed, M. S., Fathy, M. (2020). Energy, exergy, environmental, and economic analysis of natural and forced cooling of solar still with porous media. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (30), 38221–38240. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09995-4>
27. Abd Elbar, A. R., Hassan, H. (2020). Energy, exergy and environmental assessment of solar still with solar panel enhanced by porous material and saline water preheating. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124175. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124175>
28. Alderete, N. M., Villagrán Zaccardi, Y. A., De Belie, N. (2020). Mechanism of long-term capillary water uptake in cementitious materials. *Cement and Concrete Composites*, 106, 103448. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103448>
29. Omara, Z. M., Abdullah, A. S., Kabeel, A. E., Essa, F. A. (2017). The cooling techniques of the solar stills' glass covers – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 176–193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.085>
30. Essa, F. A., Abdullah, A., Majdi, H. Sh., Basem, A., Dhahad, H. A., Omara, Z. M. et al. (2022). Parameters Affecting the Efficiency of Solar Stills-Recent Review. *Sustainability*, 14 (17), 10668. <https://doi.org/10.3390/su141710668>
31. Al-wahid, W. A. A., Saad, H. A. K., Hasan, Z. H., Sopian, K. (2022). Experimental study of the performance of hemispherical solar still with optimum value of rocks as heat transfer enhancers. *AIMS Energy*, 10 (4), 885–899. <https://doi.org/10.3934/energy.2022040>
32. Shoeibi, S., Rahbar, N., Abedini Esfahlani, A., Kargarsharifabad, H. (2021). A review of techniques for simultaneous enhancement of evaporation and condensation rates in solar stills. *Solar Energy*, 225, 666–693. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.07.028>
33. Seralathan, S., Chenna Reddy, G., Sathish, S., Muthuram, A., Dhanraj, J. A., Lakshmaiya, N. et al. (2023). RETRACTED: Performance and exergy analysis of an inclined solar still with baffle arrangements. *Heliyon*, 9 (4), e14807. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14807>
34. Abu-Arabi, M., Al-harahsheh, M., Ahmad, M., Mousa, H. (2020). Theoretical modeling of a glass-cooled solar still incorporating PCM and coupled to flat plate solar collector. *Journal of Energy Storage*, 29, 101372. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101372>
35. Yadav, V. K., Sarkar, J., Ghosh, P. (2023). Thermodynamic, economic and environmental analyses of novel concentrated solar-PV-thermal integrated combined power, cooling and desalination system. *Desalination*, 563, 116721. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116721>
36. Suraparaju, S. K., Natarajan, S. K., Mamilla, V. R., Pappala, S. M. T., Kurada, A., Lakamsani, M. S. V. P. (2023). Energy, exergy, economic and environmental (4E) analyses of solar still with paraffin wax as phase change energy storage material. *Materials Today: Proceedings*, 90, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.345>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304932
DEVELOPMENT OF A COMBINED SYSTEM WITH A HYBRID SOLAR COLLECTOR AND DETERMINATION OF ITS THERMAL CHARACTERISTICS (p. 45–54)

Stepan Mysak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2064-7015>

Stepan Shapoval

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4985-0930>

Anna Hyvliud

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0122-882X>

The object of the study: a system with a photovoltaic thermal hybrid solar collector.

The main problem addressed is to enhance the conversion and utilization efficiency of solar energy by developing a new design of photovoltaic thermal hybrid solar collector.

A computer model of the proposed design of a photovoltaic thermal hybrid solar collector (PVT) was developed, and its thermo-technical characteristics were investigated. Patterns of temperature changes in the heat transfer fluid in PVT and thermal accumulator over time of irradiation were determined. It is shown that the instantaneous thermal power of the solar collector was 540 W/m², and the efficiency was 0.6. Changes in the instantaneous specific thermal power of the system with PVT (up to 450 W/m²) and its efficiency in heat accumulation in the accumulator (0.5) were studied. The high efficiency of PVT can be explained by its optimal design, which ensures simultaneous production of thermal and electrical energy, as well as balancing of the operation of the thermal and photovoltaic parts. The main difference between the developed model and existing analogs is the comprehensive consideration of the interaction of the thermal and photovoltaic parts in one installation. The model allows optimizing the PVT design to increase its efficiency. The research has allowed developing a new design of a photovoltaic thermal hybrid solar collector, which ensures high efficiency of conversion and utilization of solar energy.

The obtained results and the developed model provide a basis for further improvement of PVT and its implementation in power systems of buildings and technological processes to increase the share of solar energy utilization and reduce fossil fuel consumption.

Keywords: power system, combined solar collector, alternative energy sources, photovoltaic solar collector.

References

1. Fedoryshyn, R., Matiko, E., Pistun, Y. (2008). Prospects for improving the accuracy of natural gas accounting and for reducing gas unbalances. AAAM International Vienna. Available at: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=anon-f6e906bb&id=GALE|A225316212&v=2.1&it=r&sid=googleScholar&asid=05e2cb38>

2. Paris Agreement (2015). United Nations. Available at: https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf
3. Stec, M., Grzebyk, M. (2022). Statistical Analysis of the Level of Development of Renewable Energy Sources in the Countries of the European Union. *Energies*, 15 (21), 8278. <https://doi.org/10.3390/en15218278>
4. Vanegas Cantarero, M. M. (2020). Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries. *Energy Research & Social Science*, 70, 101716. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101716>
5. Wisniewski, G., Golebiowski, M., Gryciuk, K. et al. (2008) kolektory słoneczne. *Energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle*. Warszawa: Medium. Available at: <https://www.ibuk.pl/fiszka/2466/kolektory-sloneczne-energia-sloneczna-w-mieszkalnictwie-hotelarstwie-i-drobnym-przemysle.html>
6. Pluta, Z. (2007). *Słoneczne instalacje energetyczne*. Warszawa: Oficyna Wydaw. Politechniki Warszawskiej. Available at: <https://bg.pcz.pl/apiszb/book/38505/Słoneczne-instalacje-energetyczne-Zbyslaw-Pluta>
7. Duffie, J. A., Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118671603>
8. Obstawski, P., Bakoń, T., Czekalski, D. (2020). Comparison of Solar Collector Testing Methods – Theory and Practice. *Processes*, 8 (11), 1340. <https://doi.org/10.3390/pr8111340>
9. Algarni, S. (2023). Evaluation and optimization of the performance and efficiency of a hybrid flat plate solar collector integrated with phase change material and heat sink. *Case Studies in Thermal Engineering*, 45, 102892. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102892>
10. Kuravi, S., Trahan, J., Goswami, D. Y., Rahman, M. M., Stefanakos, E. K. (2013). Thermal energy storage technologies and systems for concentrating solar power plants. *Progress in Energy and Combustion Science*, 39 (4), 285–319. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2013.02.001>
11. Hassan, A., Nikbakht, A. M., Fawzia, S., Yarlagada, P. K. D. V., Karim, A. (2023). Transient analysis and techno-economic assessment of thermal energy storage integrated with solar air heater for energy management in drying. *Solar Energy*, 264, 112043. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112043>
12. Gautam, A., Saini, R. P. (2020). A review on sensible heat based packed bed solar thermal energy storage system for low temperature applications. *Solar Energy*, 207, 937–956. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.027>
13. Pona, O. M., Voznyak, O. T. (2014). Efficiency of helio roofing in the gravity system of heat supply. *Construction, materials science, mechanical engineering*, 76, 231–235. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmect_2014_76_43
14. Shapoval, S., Zhelykh, V., Venhryn, I., Kozak, K., Krygul, R. (2019). Theoretical and experimental analysis of solar enclosure as part of energy-efficient house. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (98)), 38–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160882>
15. Marushchak, U., Sydor, N., Braichenko, S., Hohol, M. (2023). Effect of Dry-Wet Cycles on Properties of High Strength Fiber-Reinforced Concrete. *Proceedings of CEE 2023*, 265–272. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44955-0_27
16. Sydor, N., Marushchak, U., Braichenko, S., Rusyn, B. (2020). Development of Component Composition of Engineered Cementitious Composites. *Proceedings of EcoComfort 2020*, 459–465. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_56
17. Shapoval, S., Spodyniuk, N., Zhelykh, V., Shepichak, V., Shapoval, P. (2021). Application of rooftop solar panels with coolant natural circulation. *Pollack Periodica*, 16 (1), 132–137. <https://doi.org/10.1556/606.2020.00218>
18. Kareem, M. W., Habib, K., Pasha, A. A., Irshad, K., Afolabi, L. O., Saha, B. B. (2022). Experimental study of multi-pass solar air thermal collector system assisted with sensible energy-storing matrix. *Energy*, 245, 123153. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123153>
19. Francesconi, M., Antonelli, M., Desideri, U. (2023). Assessment of the optical efficiency in solar collectors: Experimental method for a concentrating solar power. *Thermal Science and Engineering Progress*, 40, 101740. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101740>
20. Govindasamy, D., Kumar, A. (2023). Experimental analysis of solar panel efficiency improvement with composite phase change materials. *Renewable Energy*, 212, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.028>
21. Aitola, K., Gava Sonai, G., Markkanen, M., Jaqueline Kaschuk, J., Hou, X., Miettunen, K., Lund, P. D. (2022). Encapsulation of commercial and emerging solar cells with focus on perovskite solar cells. *Solar Energy*, 237, 264–283. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.03.060>
22. Gumnilovych, R., Shapoval, P., Yatchyshyn, I., Shapoval, S. (2015). Modeling of Chemical Surface Deposition (CSD) of CdS and CdSe Semiconductor Thin Films. *Chemistry & Chemical Technology*, 9 (3), 287–292. <https://doi.org/10.23939/chcht09.03.287>
23. Hamdan, M. A., Abdelhafez, E., Ahmad, R., Aboushi, A. R. (2014). Solar Thermal Hybrid Heating System. *Conference: Energy Sustainability and Water Resource Management for Food Security in the Arab Middle East*. Beirut. Available at: https://www.researchgate.net/publication/273633383_Solar_Thermal_Hybrid_Heating_System
24. Abdelhafez, E. A., Hamdan, M. A., Al Aboushi, A. R. (2016). Simulation of Solar Thermal Hybrid Heating System Using Neural Artificial Network. *Conference: 8th International Ege Energy Symposium and Exhibition (IEESE-8)*. Afyonkarahisar. Available at: https://www.researchgate.net/publication/308348965_Simulation_of_Solar_Thermal_Hybrid_Heating_System_Using_Neural_Artificial_Network
25. Vankovych, D., Bota, O., Malovanyy, M., Odusha, M., Tymchuk, I., Sachnyk, I. et al. (2021). Assessment of the Prospects of Application of Sewage Sludge from Lviv Wastewater Treatment Plants for the Purpose of Conducting the Biological Reclamation. *Journal of Ecological Engineering*, 22 (2), 134–143. <https://doi.org/10.12911/22998993/130892>
26. Klein, S. A., Beckman, W. A., Duffie, J. A. (1976). A design procedure for solar heating systems. *Solar Energy*, 18 (2), 113–127. [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(76\)90044-x](https://doi.org/10.1016/0038-092x(76)90044-x)

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306364

DETERMINING THE INFLUENCE OF SEASONAL TILT ANGLE ON THE EFFICIENCY OF FIXED SOLAR PHOTOVOLTAIC MODULES (p. 55–62)

Gennadii Golub

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2388-0405>

Nataliya Tsyvenkova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
The Institute of Renewable energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1703-4306>

Volodymyr Nadykto

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1770-8297>

Oleh Marus

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1521-2885>

Oleg Kepko

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1443-307X>

Ivan Omarov

The Institute of Renewable energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9449-853X>

Anna Holubenko

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5018-5312>

Vladyslav Shubenko

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2815-7865>

Maksym Zayets

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2290-1892>

The object of this study is photovoltaic modules with different seasonal tilt angles at different geographical latitudes. The average annual efficiency of photovoltaic modules with different seasonal angles set at different geographical latitudes has been determined as the annual weighted average value of the cosine of the angle of incidence of solar rays on the plane of the photovoltaic module. The influence of seasonal tilt angles of photovoltaic modules at different geographical latitudes on their average annual efficiency was analyzed.

Approximate values of the seasonal tilt angles of photovoltaic modules at different geographic latitudes take values that differ from the geographic latitude value by plus 15° for the winter period and minus 15° for the summer period.

Modeling the average annual efficiency of photovoltaic modules depending on the seasonal tilt angles at different geographical latitudes made it possible to obtain refined values of the seasonal tilt angles of photovoltaic modules. Thus, at the latitude of 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, and 60°, the tilt angle of photovoltaic modules for the winter period will be 14.8°, 24.6°, 34.5°, 44.4°, 54.1°, 63.6°, and 73°, respectively, and for summer – minus 14.5°, minus 4.6°, 5°, 15.1°, 25.1°, 34.9°, and 44.7°. Dependences were obtained for determining the seasonal tilt angles of photovoltaic modules depending on the value of geographic latitude.

The difference in the average annual efficiency of photovoltaic modules, which are installed at seasonal angles, and photovoltaic modules, which track the position of the Sun in the vertical plane, is 0.4 %.

The results could be used as a basis for evaluating the efficiency of photovoltaic modules when determining the seasonal tilt angle at different geographic latitudes.

Keywords: photovoltaic module, angle of incidence of solar rays, module installation efficiency, geographical latitude.

References

1. Wang, G., Zhang, Z., Lin, J. (2024). Multi-energy complementary power systems based on solar energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 199, 114464. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114464>
2. Zhang, T., Zheng, W., Wang, L., Yan, Z., Hu, M. (2021). Experimental study and numerical validation on the effect of inclination angle to the thermal performance of solar heat pipe photovoltaic/thermal system. *Energy*, 223, 120020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120020>
3. Obiwulu, A. U., Erusiafe, N., Olopade, M. A., Nwokolo, S. C. (2022). Modeling and estimation of the optimal tilt angle, maximum incident solar radiation, and global radiation index of the photovoltaic system. *Heliyon*, 8 (6), e09598. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09598>
4. Tian, X., Wang, J., Ji, J., Xia, T. (2022). Comparative performance analysis of the flexible flat/curved PV modules with changing inclination angles. *Energy Conversion and Management*, 274, 116472. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116472>
5. Ganesan, K., Winston, D. P., Nesamalar, J. J. D., Pravin, M. (2024). Output power enhancement of a bifacial solar photovoltaic with up-side down installation during module defects. *Applied Energy*, 353, 122070. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122070>
6. Barbosa de Melo, K., Kitayama da Silva, M., Lucas de Souza Silva, J., Costa, T. S., Villalva, M. G. (2022). Study of energy improvement with the insertion of bifacial modules and solar trackers in photovoltaic installations in Brazil. *Renewable Energy Focus*, 41, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2022.02.005>
7. Barbón, A., Ghodbane, M., Bayón, L., Said, Z. (2022). A general algorithm for the optimization of photovoltaic modules layout on irregular rooftop shapes. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132774. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132774>
8. Ghosh, S., Roy, J. N., Chakraborty, C. (2024). Maximizing PV generation with lower tilt angles to meet high summer electricity demand on the Indian electricity grid. *Energy for Sustainable Development*, 80, 101446. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101446>
9. Golub, G., Tsyvenkova, N., Yaremenko, O., Marus, O., Omarov, I., Holubenko, A. (2023). Determining the efficiency of installing fixed solar photovoltaic modules and modules with different tracking options. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (124)), 15–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286464>
10. Golub, G., Tsyvenkova, N., Nadykto, V., Marus, O., Yaremenko, O., Omarov, I. et al. (2024). Determining the influence of mounting angle on the average annual efficiency of fixed solar photovoltaic modules. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (128)), 26–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300485>
11. Adama, S., Cheikh, M. F. K., Ababacar, N. (2021). Determination of the optimum tilt angle for photovoltaic modules in Senegal. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 15 (6), 214–222. <https://doi.org/10.5897/ajest2021.2988>
12. Salih, A. R. (2023). Tilt Angle of Solar Panels for Best Winter, Summer and Year-Round Performances for Different Regions of the World. *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences*, 31 (2), 296–308. <https://doi.org/10.29196/jubpas.v31i2.4691>

13. Hailu, G., Fung, A. S. (2019). Optimum Tilt Angle and Orientation of Photovoltaic Thermal System for Application in Greater Toronto Area, Canada. *Sustainability*, 11 (22), 6443. <https://doi.org/10.3390/su11226443>
14. Mansour, R. B., Mateen Khan, M. A., Alsulaiman, F. A., Mansour, R. B. (2021). Optimizing the Solar PV Tilt Angle to Maximize the Power Output: A Case Study for Saudi Arabia. *IEEE Access*, 9, 15914–15928. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3052933>
15. Benganem, M. (2011). Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia. *Applied Energy*, 88 (4), 1427–1433. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.001>
16. Ulgen, K. (2006). Optimum Tilt Angle for Solar Collectors. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28 (13), 1171–1180. <https://doi.org/10.1080/00908310600584524>
17. Beringer, S., Schilke, H., Lohse, I., Seckmeyer, G. (2011). Case study showing that the tilt angle of photovoltaic plants is nearly irrelevant. *Solar Energy*, 85 (3), 470–476. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.12.014>
18. Hilorme, T., Nakashydz, L., Tonkoshkur, A., Kolbunov, V., Gomilko, I., Mazurik, S., Ponomarov, O. (2023). Devising a calculation method for determining the impact of design features of solar panels on performance. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (123)), 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280740>
19. Wei, D., Basem, A., Alizadeh, A., Jasim, D. J., Aljaafari, H. A. S., Fazilati, M., Mehmandoust, B., Salahshour, S. (2024). Optimum tilt and azimuth angles of heat pipe solar collector, an experimental approach. *Case Studies in Thermal Engineering*, 55, 104083. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104083>
20. Karinka, S., Upadhyaya, V. (2022). Concept of annual solar window and simple calculation for optimal monthly tilt angle to maximize solar power generation. *Materials Today: Proceedings*, 52, 2166–2171. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.594>
21. Prunier, Y., Chuet, D., Nicolay, S., Hamon, G., Darnon, M. (2023). Optimization of photovoltaic panel tilt angle for short periods of time or multiple reorientations. *Energy Conversion and Management: X*, 20, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100417>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303636

РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОГО МІКРОМОДУЛЬНОГО ГАЗОВОГО ПАЛЬНИКА З РАПТОВИМ РОЗШИРЕННЯМ НА ВИХОДІ (с. 6–15)

Abay Dostiyarov, Nurbubi Sarakeshova, Ayaulym Yamanbekova

Об'єктом дослідження є новий мікромодульний газовий паливник для невеликих водогрійних котлів, в якому для стабілізації горіння використовуються явища зриву потоку через раптове розширення на виході з паливника. Сьогодні актуальним є завдання розробки нових технічних рішень для найбільш ефективного та екологічно чистого спалювання палива на електростанціях, зокрема, необхідно приділити особливу увагу стабілізації факела. Експериментально і теоретично досліджені характеристики горіння в даному паливнику, наведені розрахунки для моделювання мікромодульного газового паливника з раптовим розширенням на виході. Зокрема, в програмному комплексі Ansys Fluent 2021 R1 була змодельована модель паливникового пристрою для спалювання природного газу (пропану). В результаті експерименту була зменшена довжина факела, а також знижені концентрації шкідливих викидів NO_x з покращеними показниками повноти згоряння та рівномірності температури поля. Представлені результати експериментів з різними насадками, а саме з насадками з прорізами на виході $d_1 = 0,12$ м та $d_2 = 0,15$ м. Кількість режимів у кожному експерименті становить 5. Математичне моделювання даного паливника з можливістю оцінки ефективності цих заходів дозволить розробити оптимальні режими роботи електростанцій та створити нові технічні рішення для зниження викидів забруднюючих речовин. На основі отриманих експериментальних даних було побудовано графіки (повнота згоряння, нерівномірність температури, концентрація речовин) та узагальнено результати. В цілому, ці характеристики дозволять підвищити ефективність використання даного паливника у водогрійних котлах.

Ключові слова: паливниковий пристрій, газ, стабілізатори, раптове розширення, зони рециркуляції, шкідливі викиди.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305625

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬК (с. 16–32)

Erkin Adilbekov, Bolat Kabulov, Gulmira Tugelbayeva, Sultan Ybray

У дослідженні розглянуто доцільність використання енергії вітру для енергопостачання польових військових полігонів Збройних Сил Республіки Казахстан. Об'єктом дослідження є мобільна вітрова турбіна з вертикальною віссю обертання. Теоретичні дослідження виявили ключові фактори, що впливають на режими роботи та продуктивність турбіни, що призвело до вибору оптимальних варіантів розміщення. Запропонована система враховує потреби в електрозабезпеченні військ у польових умовах, приділяючи особливу увагу енергоспоживаючому обладнанню польових військових полігонів як основних споживачів. Порівняльний аналіз встановив перевагу мобільної вітрової турбіни з вертикальною віссю над традиційними вітрогенераторами з горизонтальною віссю. Розроблена конструкція турбіни забезпечує повне охоплення повітряного потоку незалежно від напрямку з оптимальним кутом лопатей 60° . Теоретичні дослідження включали вивчення повітряного потоку навколо лопаті під різними кутами атаки, що дає розуміння опору та підйомної сили. Основою для розробки стала розроблена модель мобільної вітрової турбіни, захищена патентом, що характеризується мобільністю, секційністю та здатністю адаптуватися до різноманітних умов навколишнього середовища. Її проста і компактна конструкція в поєднанні з вертикальною віссю обертання забезпечує безперерйне електропостачання, особливо на віддалених військових об'єктах і в прикордонних районах. Це дослідження призвело до розробки моделі для розрахунку параметрів мобільної вітрової турбіни, придатної для забезпечення енергією військ у польових умовах. Дослідження демонструє потенціал мобільних вітроелектростанцій для значного підвищення енергетичної надійності на військових полігонах. Результати розрахунків підтверджують життєздатність мобільних вітрових турбін для забезпечення енергетичної підтримки стрільб на цих полігонах.

Ключові слова: вітрові турбіни, мобільні вітрові турбіни, охоплена площа, польове електропостачання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302728

ВИЗНАЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОПОХИЛОГО СОНЯЧНОГО ДИСТИЛЯТОРА ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ ВОДЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДО СТІНОК (с. 33–44)

Nova Risdiyanto Ismail, Purbo Suwandono, Dadang Hermawan, Frida Dwi Anggraeni

Об'єктом дослідження є двопохилий сонячний дистилятор з додаванням водяного охолодження на стінці (DSSS.WCW). Проблема сонячних дистиляторів полягає в тому, що температура покривного скла є досить високою, що, відповідно, зменшує швидкість випаровування. Методи зниження температури покривного скла включають водяне охолодження, подачу води та її розпилення на покривне скло. Обидва ці методи знижують температуру покривного скла, але вони все одно вимагають додаткової енергії та можуть зменшити енергію сонячного випромінювання, що надходить на поглинаючу пластину. У цьому дослідженні пропонується використовувати метод водяного охолодження на стінці, який не вимагає додаткової енергії і дозволяє запобігти зменшенню енергії сонячного випромінювання, що надходить на поглинаючу пластину. Для вивчення ефекту від використання DSSS.WCW були проведені експериментальні та теоретичні дослідження. Результати показали зниження температури покривного скла на 13,48 %, що призвело до збільшення різниці температур між ребрами та покривним склом на $9,82^\circ\text{C}$. Збільшення різниці температур призвело до теоретичного збільшення продуктивності по прісній воді на 13,82 % (2,80 кг/год.) та експериментального збільшення на 13,10 % (2,58 кг/год.) для DSSS.WCW. Крім того, спостерігається теоретичне підвищення енергоефективності на 22,29 % та експериментальне підвищення на 22,82 %, а також підвищення ексергоефективності на 15,71 %. Показано, що застосування водяного охолодження на стінці підвищує ефективність двопохилого сонячного дистилятора. Крім того, метод водяного охолодження на стінці не зменшує енергію сонячного

випромінювання, яка може бути отримана поглинаючою пластиною, і не потребує додаткової енергії. Результати дослідження можуть бути застосовані на віддалених островах Індонезії, особливо в посушливий сезон.

Ключові слова: сонячний дистиллятор, водяне охолодження, продуктивність, енергоефективність, ексергоефективність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304932

РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ГІБРИДНИМ СОНЯЧНИМ КОЛЕКТОРОМ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (с. 45–54)

С. Й. Мисак, С. П. Шаповал, А. М. Гивлюд

Об'єкт дослідження: система із гібридним тепловим фотоелектричним геліоколектором.

Основна проблема, яка вирішувалась, є підвищення ефективності перетворення та використання сонячної енергії шляхом розробки нової конструкції гібридного теплового фотоелектричного сонячного колектора.

Розроблено комп'ютерну модель запропонованої конструкції гібридного теплового фотоелектричного геліоколектора (ГТФГК) та досліджено його теплотехнічні характеристики. Встановлено закономірності зміни температур теплоносія в ГТФГК та теплового акумуляторі від часу опромінення. Показано, що миттєва теплова потужність геліоколектора становила 540 Вт/м^2 , а коефіцієнт корисної дії – 0,6. Досліджено зміну миттєвої питомої теплової потужності системи з ГТФГК (до 450 Вт/м^2) та її ефективність за накопиченням теплової енергії в акумуляторі (0,5). Високу ефективність ГТФГК можна пояснити оптимальною конструкцією, яка забезпечує одночасне виробництво теплової та електричної енергії, а також балансування роботи теплової і фотоелектричної частин. Основною відмінністю розробленої моделі від існуючих аналогів є комплексне врахування взаємодії теплової та фотоелектричної частин в одній установці. Модель дозволяє оптимізувати конструкцію ГТФГК для підвищення його ефективності. Проведене дослідження дозволило розробити нову конструкцію гібридного теплового фотоелектричного сонячного колектора, яка забезпечує високу ефективність перетворення та використання сонячної енергії.

Отримані результати та розроблена модель створюють основу для подальшого вдосконалення ГТФГК та його впровадження в системи енергозабезпечення будівель і технологічних процесів з метою підвищення частки використання сонячної енергії та зменшення споживання вичерпного палива.

Ключові слова: система енергопостачання, комбінований геліоколектор, альтернативні джерела енергії, фотоелектричний сонячний колектор.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306364

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СЕЗОННОГО КУТА ВСТАНОВЛЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕРУХОМИХ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ (с. 55–62)

Г. А. Голуб, Н. М. Цивенкова, В. Т. Надикто, О. А. Марус, О. І. Кепко, І. С. Омаров, А. А. Голубенко, В. О. Шубенко, М. Л. Засць

Об'єктом дослідження є фотоелектричні модулі із різними сезонними кутами встановлення на різних географічних широтах. Визначена середньорічна ефективність фотоелектричних модулів із різними сезонними кутами, встановленими на різних географічних широтах, як величина річного середньозваженого значення косинуса кута падіння сонячних променів на площину фотоелектричного модуля. Проаналізовано вплив сезонних кутів встановлення фотоелектричних модулів на різних географічних широтах на їх середньорічну ефективність.

Орієнтовні значення сезонних кутів встановлення фотоелектричних модулів на різних географічних широт мають значення, які відрізняються від значення географічної широти на величину плюс 15° для зимового періоду та мінус 15° для літнього періоду.

Моделювання середньорічної ефективності фотоелектричних модулів в залежності від сезонних кутів їх встановлення на різних географічних широтах дозволило отримати уточнені значення сезонних кутів встановлення фотоелектричних модулів. Так, при значенні географічної широти $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ і 60° кут встановлення фотоелектричних модулів для зимового періоду відповідно становитиме $14,8^\circ, 24,6^\circ, 34,5^\circ, 44,4^\circ, 54,1^\circ, 63,6^\circ$ та 73° , а для літнього – мінус $14,5^\circ, 4,6^\circ, 5^\circ, 15,1^\circ, 25,1^\circ, 34,9^\circ$ та $44,7^\circ$. Отримано залежності для визначення сезонних кутів встановлення фотоелектричних модулів в залежності від значення географічної широти.

Різниця середньорічної ефективності фотоелектричних модулів, які встановлені під сезонними кутами, та фотоелектричних модулів, які здійснюють відстеження за положенням Сонця у вертикальній площині, становить 0,4 %.

Результати можуть бути покладені в основу оцінки ефективності фотоелектричних модулів при визначенні сезонного кута їх встановлення на різних географічних широтах.

Ключові слова: фотоелектричний модуль, кут падіння сонячних променів, ефективність установки модулів, географічна широта.