

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273607**  
**CONDENSATION HEAT REMOVAL DUE TO THE**  
**COMBINED IMPACT OF NATURAL CONVECTION**  
**AND RADIATIVE COOLING (p. 6–21)**

**Alexandr Tsoy**

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3073-6698>

**Alexandr Granovskiy**

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1191-038X>

**Baurzhan Nurakhmetov**

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5064-8687>

**Dmitriy Koretskiy**

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3110-8383>

**Diana Tsoy-Davis**

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4433-2405>

**Nikita Veselskiy**

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3087-3326>

The work examines the heat exchange characteristics of a condenser in which heat removal of the refrigerant condensation occurs due to natural convection and radiation cooling. The heat exchanger is designed to reduce energy costs for the removal of condensation heat. Unlike traditional air cooling condensers, it uses radiation cooling, a method of heat removal based on its transmission in the form of infrared radiation through the planet's atmosphere into the surrounding outer space. A method for calculating the thickness of the radiating plate has been developed. To minimize material consumption and cost, the distance between the tubes is reduced to 40 mm, and the thickness of the aluminum radiating plate is reduced to 0.32 mm. The inner diameter of the coolant channels is 1 mm.

For the experimental study of the condenser, an experimental stand working on R134a refrigerant was developed. Theoretical and experimental studies of heat transfer have been carried out. The heat transfer coefficient of the heat exchanger, reduced to the area of the radiating surface, was from  $10.3 \pm 1.36$  to  $18.7 \pm 2.47$   $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$ , when the condensation temperature was  $12.8 \dots 21.9$  °C higher than the temperature of atmospheric air. The operability of the condenser is shown both during the day and at night, in the presence of precipitation in the form of rain and snow, and a high level of cloudiness.

The material capacity and filling of the refrigerant in the condenser are comparable to the characteristics of air-cooled condensers with forced air circulation. At the same time, it does not consume electricity. It can be used in stationary refrigeration systems (in data processing centers, commercial refrigeration equipment, air conditioners) to increase their energy efficiency.

**Keywords:** radiation cooling, refrigerating machine, condenser, natural air circulation, energy efficiency.

### References

1. Dobson, R. (2005). Thermal modelling of a night sky radiation cooling system. *Journal of Energy in Southern Africa*, 16 (2), 20–31. doi: <https://doi.org/10.17159/2413-3051/2005/v16i2a3184>
2. Meir, M. G., Rekstad, J. B., Løvvik, O. M. (2002). A study of a polymer-based radiative cooling system. *Solar Energy*, 73 (6), 403–417. doi: [https://doi.org/10.1016/s0038-092x\(03\)00019-7](https://doi.org/10.1016/s0038-092x(03)00019-7)
3. Anderson, T., Duke, M., Carson, J. (2013). Performance of an unglazed solar collector for radiant cooling. *Australian Solar Cooling 2013 Conference*. Available at: <https://openrepository.aut.ac.nz/handle/10292/5651?show=full>
4. Vidhi, R. (2018). A Review of Underground Soil and Night Sky as Passive Heat Sink: Design Configurations and Models. *Energies*, 11 (11), 2941. doi: <https://doi.org/10.3390/en11112941>
5. Bagiorgas, H. S., Mihalakakou, G. (2008). Experimental and theoretical investigation of a nocturnal radiator for space cooling. *Renewable Energy*, 33 (6), 1220–1227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.04.015>
6. Hollick, J. (2012). Nocturnal Radiation Cooling Tests. *Energy Procedia*, 30, 930–936. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.105>
7. Tsoy, A. P., Baranenko, A. V., Granovsky, A. S., Tsoy, D. A., Dzhamasheva, R. A. (2020). Energy efficiency analysis of a combined cooling system with night radiative cooling. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0026908>
8. Karagusev, V. I., Serdyuk, V. S., Kolpakov, I. S., Nemykin, V. A., Pogulyaev, I. N. (2018). Experimental determination of rate and direction of heat flow of the radiation life – Support system with vacuum heat insulation. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5051876>
9. Goldstein, E. A., Raman, A. P., Fan, S. (2017). Sub-ambient non-evaporative fluid cooling with the sky. *Nature Energy*, 2 (9). doi: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.143>
10. Goldstein, E. A., Nasuta, D., Li, S., Martin, C., Raman, A. (2018). Free Subcooling with the Sky: Improving the efficiency of air conditioning systems. *17<sup>th</sup> International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue*. Available at: <https://docs.lib.purdue.edu/iracc/1913/>
11. Tsoy, A., Granovskiy, A., Tsoy, D., Koretskiy, D. (2022). Cooling capacity of experimental system with natural refrigerant circulation and condenser radiative cooling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (116)), 45–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253651>
12. Ezekwe, C. I. (1990). Performance of a heat pipe assisted night sky radiative cooler. *Energy Conversion and Management*, 30 (4), 403–408. doi: [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(90\)90041-v](https://doi.org/10.1016/0196-8904(90)90041-v)
13. Yu, C., Shen, D., Jiang, Q., He, W., Yu, H., Hu, Z. et al. (2019). Numerical and Experimental Study on the Heat Dissipation Performance of a Novel System. *Energies*, 13 (1), 106. doi: <https://doi.org/10.3390/en13010106>
14. Kim, M.-H., Lee, S. Y., Mehendale, S. S., Webb, R. L. (2003). Microchannel Heat Exchanger Design for Evaporator and Condenser

- Applications. *Advances in Heat Transfer*, 297–429. doi: [https://doi.org/10.1016/s0065-2717\(03\)37004-2](https://doi.org/10.1016/s0065-2717(03)37004-2)
15. Butrymowicz, D., Śmierciew, K., Gagan, J., Dudar, A., Lukaszuk, M., Zou, H., Łapiński, A. (2022). Investigations of Performance of Mini-Channel Condensers and Evaporators for Propane. *Sustainability*, 14 (21), 14249. doi: <https://doi.org/10.3390/su142114249>
  16. Boeng, J., Rametia, R. S., Melo, C., Hermes, C. J. L. (2020). Thermal-hydraulic characterization and system-level optimization of microchannel condensers for household refrigeration applications. *Thermal Science and Engineering Progress*, 20, 100479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100479>
  17. Walton, G. (1983). *Thermal Analysis Research Program*. Washington, 292. Available at: <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB83194225.xhtml>
  18. Samuel, D. G. L., Nagendra, S. M. S., Maiya, M. P. (2013). Passive alternatives to mechanical air conditioning of building: A review. *Building and Environment*, 66, 54–64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.04.016>
  19. Zhao, D., Aili, A., Zhai, Y., Xu, S., Tan, G., Yin, X., Yang, R. (2019). Radiative sky cooling: Fundamental principles, materials, and applications. *Applied Physics Reviews*, 6 (2), 021306. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5087281>
  20. Zhao, D., Aili, A., Zhai, Y., Lu, J., Kidd, D., Tan, G. et al. (2019). Subambient Cooling of Water: Toward Real-World Applications of Daytime Radiative Cooling. *Joule*, 3 (1), 111–123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.10.006>
  21. Mukhachev, G. A., Schukin, V. K. (1991). *Termodinamika i teploperedacha*. Moscow: Vysshaya shkola.
  22. Bohdal, T., Charun, H., Sikora, M. (2012). Heat transfer during condensation of refrigerants in tubular minichannels. *Archives of Thermodynamics*, 33 (2), 3–22. doi: <https://doi.org/10.2478/v10173-012-0008-x>
  23. Isachenko, V. P., Osipova, V. A., Sukomel, A. (1975). *Teploperedacha*. Moscow: Energiya, 315.
  24. Tevar, J. A. F., Castaño, S., Marijuán, A. G., Heras, M. R., Pistono, J. (2015). Modelling and experimental analysis of three radioconvective panels for night cooling. *Energy and Buildings*, 107, 37–48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.027>
  25. Bell, I. H., Wronski, J., Quoilin, S., Lemort, V. (2014). Pure and Pseudo-pure Fluid Thermophysical Property Evaluation and the Open-Source Thermophysical Property Library CoolProp. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53 (6), 2498–2508. doi: <https://doi.org/10.1021/ie4033999>
  26. Orzechowski, T., Stokowiec, K. (2014). Free convection on a refrigerator's condenser. *EPJ Web of Conferences*, 67, 02089. doi: <https://doi.org/10.1051/epjconf/20146702089>
  27. Saleh, A. A. M. (2019). Correlation of overall heat transfer coefficient in the three zones of wire and tube condenser. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 42 (1), 96–103. doi: <https://doi.org/10.26480/jmerd.01.2019.96.103>
  28. Ahmad, M. I., Jarimi, H., Riffat, S. (2019). *Nocturnal Cooling Technology for Building Applications*. Springer, 70. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5835-7>
  29. Aili, A., Zhao, D., Lu, J., Zhai, Y., Yin, X., Tan, G., Yang, R. (2019). A kW-scale, 24-hour continuously operational, radiative sky cooling system: Experimental demonstration and predictive modeling. *Energy Conversion and Management*, 186, 586–596. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.03.006>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274199**  
**DEVELOPMENT OF A VORTEX WIND DEVICE (p. 22–29)**

**Marat Koshumbaev**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2434-1905>

**Sultanbek Issenov**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4576-4621>

**Ruslan Iskakov**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5948-2636>

**Yuliya Bulatbayeva**

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,  
 Karaganda, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3900-5568>

The relevance of the research is related to the development of a new type of renewable energy source – a vortex wind device with a vertical axis of rotation without wind guidance mechanisms. The main purpose of the study is to develop a vortex wind turbine using mathematical modeling of vortex motion and laboratory experiments on the model. The object of the study is a vortex wind device consisting of a concentrator with curved channels, inside which there is a wind wheel, and a vertical pipe mounted on the concentrator.

The calculations are based on the method of modeling large vortices with the solution of averaged Navier-Stokes equations. As a result of the research, the velocity distribution in the concentrator, inside the structure and the discharge pipe were obtained. The computational experiment shows that the narrowing channels of the concentrator create a stable vortex motion inside the structure and the vertical pipe. The methods used for calculating turbulent flows allow to study aerodynamic processes in wind turbines with a vortex effect. The absence of a rotary mechanism reduces the risks of breakdowns of rotational elements due to their absence. The concentrator perceives the wind flow from any side and creates a vortex motion inside itself due to curved channels. The outlet openings of the curved channels are directed to the blades of the wind wheel, which increases the maximum transfer of wind flow energy to the blades of the wind wheel. The vortex motion inside the concentrator creates a steady rotation of the wind wheel. An additional important point is the removal of the exhaust air flow from the vortex wind device. Existing wind farms have wind guidance mechanisms, which complicates the design, a stable rotation mode of the wind wheel is not created. All these problems of operating stations can be solved with the help of a vortex wind device.

**Keywords:** flow twist, steady vortex motion, vertical thrust, exhaust air discharge, increased throughput.

## References

1. Summary of Wind Turbine Accident data to 31 March 2022. Available at: <https://scotlandagainstspin.org/wp-content/uploads/2022/04/Turbine-Accident-Summary-to-31-March-2022.pdf>

2. Lyakhnov, D. V., Morozov, P. V., Boeva, L. V., Kiselev, B. Yu. (2017). Issledovaniya vetrokoles s vertikal'noy os'yu vrascheniya. *Molodoy ucheniy*, 2 (136), 120–123. Available at: <https://moluch.ru/archive/136/38044/>
3. Khozyainov, B. P., Khozyainov, D. B., Lobanova, M. B. (2012). Pat. No. 2518794 RF. Lopast' vetroturbiny s vertikal'noy os'yu vrascheniya. declared: 03.09.2012; published: 10.06.2014. Available at: <https://www.freepatent.ru/patents/2518794>
4. Novye vetrogeneratory dlya bazovykh stantsiy sotovoy svyazi. Available at: [http://www.ecotoc.ru/alternative\\_energy/wind\\_energy/d161/](http://www.ecotoc.ru/alternative_energy/wind_energy/d161/)
5. Helix Wind. Vertical Wind. Available at: <https://verticalwindturbineinfo.com/vawt-manufacturers/helix-wind/>
6. Turbina Energy. Available at: [https://syenergy.com.ua/145\\_ветрогенераторы-турбина-энергия](https://syenergy.com.ua/145_ветрогенераторы-турбина-энергия)
7. Deshevaya vozobnovlyаемая энергия iz vozdukhnykh vikhrey. Available at: <http://www.ekopower.ru/deshhevaya-vozobnovlyаемая-энергия-iz-vo/>
8. Vkhrevaya vetroenergeticheskaya ustanovka (2015). Moscow. Available at: <http://viesh.ru/wp-content/uploads/2013/07/Вихревая-ветроэнергетическая-установка.pdf>
9. Bubenchikov, A. A., Demidova, N. G., Mal'kov, N. G. (2016). Ekologicheskaya ekspertiza vetroenergeticheskoy ustanovki. *Molodoy ucheniy*, 28.2 (132.2), 31–35. Available at: <https://moluch.ru/archive/132/37006/>
10. Koshumbaev, M. B., Myrzakulov, B. K., Koshumbaev, A. M., Koshumbaeva, A. M. (2017). Pat. No. 2291 KZ. Vkhrevoy vetroagregat. Poleznaya model'. declared: 31.07.2017.
11. Koshumbayev, M., Koshumbayev, A. (2020). Mathematical modeling of air flow vortex motion in a wind turbine. *Annali d'Italia*, 4, 53–62. Available at: [http://www.itadiana.com/wp-content/uploads/2020/02/Annali-d%E2%80%99Italia\\_%E2%84%964\\_2020\\_part\\_1.pdf](http://www.itadiana.com/wp-content/uploads/2020/02/Annali-d%E2%80%99Italia_%E2%84%964_2020_part_1.pdf)
12. Koshumbayev, M., Yerzhan, A., Myrzakulov, B., Kvasov, P. (2016). Theoretical and experimental researches on development of new construction of wind-driven generator with flux concentrator. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 2 (3), 100–104. Available at: [https://www.academia.edu/34913346/Theoretical\\_and\\_experimental\\_researches\\_on\\_development\\_of\\_new\\_construction\\_of\\_wind\\_driven\\_generator\\_with\\_flux\\_concentrator](https://www.academia.edu/34913346/Theoretical_and_experimental_researches_on_development_of_new_construction_of_wind_driven_generator_with_flux_concentrator)
13. Spalart, P. R. (2009). Detached-Eddy Simulation. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 41 (1), 181–202. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.010908.165130>
14. Ershkov, S. V. (2015). On Existence of General Solution of the Navier – Stokes Equations for 3D Non-Stationary Incompressible Flow. *International Journal of Fluid Mechanics Research*, 42 (3), 206–213. doi: <https://doi.org/10.1615/interjfluidmechres.v42.i3.20>
15. Issenov, S., Iskakov, R., Tergemes, K., Issenov, Z. (2022). Development of mathematical description of mechanical characteristics of integrated multi-motor electric drive for drying plant. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (8 (115)), 46–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.251232>
16. Schneiders, J. F. G. (2014). Time-Supersampling 3D-PIV Measurements by Vortex-in-Cell Simulation. *Aerospace Engineering*, Delft University of Technology, 112.
17. Chemin, J.-Y., Gallagher, I., Paicu, M. (2011). Global regularity for some classes of large solutions to the Navier-Stokes equations. *Annals of Mathematics*, 173 (2), 983–1012. doi: <https://doi.org/10.4007/annals.2011.173.2.9>
18. Belov, I. A., Isaev, S. A. (2001). Modelirovanie turbulentnykh techeniy. Sankt-Peterburg, 108.
19. Zhang, Y., Bao, W., Du, Q. (2007). Numerical simulation of vortex dynamics in Ginzburg-Landau-Schrödinger equation. *European Journal of Applied Mathematics*, 18 (5), 607–630. doi: <https://doi.org/10.1017/s0956792507007140>
20. Eldredge, J. D. (2007). Numerical simulation of the fluid dynamics of 2D rigid body motion with the vortex particle method. *Journal of Computational Physics*, 221 (2), 626–648. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2006.06.038>
21. Vertikal'nye vetrogeneratory TURBINA Energy. Available at: <https://syenergy.com.ua/vetrogeneratory/317-%D0%B2%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80-turbina-te20.html>
22. Tziotziou, K., Scullion, E., Shelyag, S., Steiner, O., Khomenko, E., Tsiropoula, G. et al. (2023). Vortex Motions in the Solar Atmosphere. *Space Science Reviews*, 219 (1). <https://doi.org/10.1007/s11214-022-00946-8>
23. Vetrogeneratory s vertikal'noy os'yu vrascheniya rossiyskogo proizvodstva. Available at: <https://ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/>
24. Turalina, D. E., Bolysbek, D. A. (2018). Research with purpose of finding optimal variant of the guide blades of the vortex wind power installation. First International Scientific Conference: Alternative energy sources, materials and technologies (AESMT-18). Plovdiv, 38.
25. Yumaev, N. R. (2018). Ekologicheskie aspekty primeneniya vozobnovlyаемых istochnikov energii. *Sovremennyye tendentsii tekhnicheskikh nauk: materialy VI Mezhdunar. nauch. konf. Kazan'*: *Molodoy ucheniy*, 16–21. Available at: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/300/14145/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272674

**ADVANCED DESIGN OF A SMALL-SCALE MINI GEROTOR PUMP IN A HIGH-TEMPERATURE AND HIGH-VISCOSITY FLUID THERMAL SYSTEM (p. 30–39)**

**Dede Lia Zariatini**

Universitas Pancasila, DKI Jakarta, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5912-6770>

**Agri Suwandi**

Universitas Pancasila, DKI Jakarta, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9330-9071>

In this research, the development of a small-scale heat transfer gerotor pump with an advanced arrangement for high-viscosity and high-temperature fluids is described comprehensively. The small-scale pump design aims to meet the needs of modular components for industry and research, especially for small-scale heat transfer applications such as residential heating systems. VDI 2221 approach was used to construct an advanced gerotor pump with an internal reservoir unit that can generate additional pressure and minimize the slip factor, thereby increasing its volumetric efficiency. The developed small-scale pump was designed in a smart arrangement, which required fewer components than a typical heat transfer pump. This helps to reduce the maintenance of the pump and its components. Experimental tests were performed using a testing

apparatus equipped with a heater, a control system using Pulse Width Modulation (PWM) adjustment, valves, pressure, and temperature gauges. The instruments in the apparatus test were used to control the flow rate and pump speed and monitor the temperature of the working fluid. The results of the experiment show that the advanced gerotor pump was able to deliver fluid with a viscosity of 307 ml/min and a temperature of up to 230 °C. The components arrangement minimizes the slip factor, which is mostly the main challenge of positive displacement pumps. The maximum slip coefficient of the advanced gerotor pump design is 0.095. The volumetric efficiency was in the range of 0.803–0.905 when the pump operated at 2,100 RPM and 230 °C. The experiment and analysis results show that the pump can be implemented for the actual application of the thermal system, for research and industry.

**Keywords:** gerotor, slip coefficient, small-scale, thermal system, trochoid pump, VDI 2221.

### References

- Ostos, I., Ruiz, I., Gajic, M., Gómez, W., Bonilla, A., Collazos, C. (2019). A modified novel blade configuration proposal for a more efficient VAWT using CFD tools. *Energy Conversion and Management*, 180, 733–746. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.11.025>
- Ismail, I., Mulyanto, A. T., Rahman, R. A. (2022). Development of free water knock-out tank by using internal heat exchanger for heavy crude oil. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 77–85. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002502>
- Ismail, I., Pane, E. A., Haryanto, G., Okviyanto, T., Rahman, R. A. (2021). A Better Approach for Modified Bach-Type Savonius Turbine Optimization. *International Review of Aerospace Engineering (IREASE)*, 14 (3), 159. doi: <https://doi.org/10.15866/irease.v14i3.20612>
- Rahman, R. A., Lahuri, A. H., Ismail. (2023). Thermal stress influence on the long-term performance of fast-charging paraffin-based thermal storage. *Thermal Science and Engineering Progress*, 37, 101546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2022.101546>
- Lingayat, A., Chandramohan, V. P., Raju, V. R. K., Kumar, A. (2020). Development of indirect type solar dryer and experiments for estimation of drying parameters of apple and watermelon. *Thermal Science and Engineering Progress*, 16, 100477. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100477>
- Khademi, A., Shank, K., Mehrjardi, S. A. A., Tiari, S., Sorrentino, G., Said, Z. et al. (2022). A brief review on different hybrid methods of enhancement within latent heat storage systems. *Journal of Energy Storage*, 54, 105362. doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105362>
- Ismail, Syahbana, M. S. L., Rahman, R. A. (2022). Thermal Performance Assessment for an Active Latent Heat Storage Tank by Using Various Finned-Coil Heat Exchangers. *International Journal of Heat and Technology*, 40 (6), 1470–1477. doi: <https://doi.org/10.18280/ijht.400615>
- Afgan, S., Khushnood, R. A., Memon, S. A., Iqbal, N. (2019). Development of structural thermal energy storage concrete using paraffin intruded lightweight aggregate with nano-refined modified encapsulation paste layer. *Construction and Building Materials*, 228, 116768. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116768>
- Pointner, H., Steinmann, W.-D. (2016). Experimental demonstration of an active latent heat storage concept. *Applied Energy*, 168, 661–671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.113>
- Karademir, H., Özçelik, G., Açıköz, Ö., Dalkılıç, A. S., İnce, İ. T., Meyer, J., Wongwises, S. (2021). Comprehensive review on the flow characteristics of two-phase flows in inclined tubes. *Journal of Thermal Engineering*, 7 (3), 483–549. doi: <https://doi.org/10.18186/thermal.887821>
- Suyitno, B. M., Rahmalina, D., Rahman, R. A. (2023). Increasing the charge/discharge rate for phase-change materials by forming hybrid composite paraffin/ash for an effective thermal energy storage system. *AIMS Materials Science*, 10 (1), 70–85. doi: <https://doi.org/10.3934/mat.2023005>
- Tunggul Ismail, A., Ismail, I., Abdu Rahman, R. (2022). Increasing the reliability of biomass solid fuel combustion using a combined regenerative heat exchanger as an indirect burner. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (8 (119)), 53–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265803>
- Orchard, B. (2014). Pumps for heat transfer applications. *World Pumps*, 2014 (10), 36–40. doi: [https://doi.org/10.1016/s0262-1762\(14\)70244-5](https://doi.org/10.1016/s0262-1762(14)70244-5)
- Oueslati, A., Megriche, A. (2017). The effect of liquid temperature on the performance of an airlift pump. *Energy Procedia*, 119, 693–701. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.096>
- Benato, A., Stoppato, A. (2018). Heat transfer fluid and material selection for an innovative Pumped Thermal Electricity Storage system. *Energy*, 147, 155–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.045>
- Rahmanian, S., Hamzavi, A. (2020). Effects of pump power on performance analysis of photovoltaic thermal system using CNT nanofluid. *Solar Energy*, 201, 787–797. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.03.061>
- Bonandrini, G., Mimmi, G., Rottenbacher, C. (2012). Design and simulation of meshing of a particular internal rotary pump. *Mechanism and Machine Theory*, 49, 104–116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2011.11.001>
- Hao, C., Wenming, Y., Guangming, L. (2015). Design of gerotor oil pump with new rotor profile for improving performance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 230 (4), 592–601. doi: <https://doi.org/10.1177/0954406215618228>
- Gamez-Montero, P. J., Codina, E., Castilla, R. (2019). A Review of Gerotor Technology in Hydraulic Machines. *Energies*, 12 (12), 2423. doi: <https://doi.org/10.3390/en12122423>
- Lee, S., Kwak, H., Han, G., Kim, C. (2019). Design of Gerotor Oil Pump with 2-Expanded Cardioids Lobe Shape for Noise Reduction. *Energies*, 12 (6), 1126. doi: <https://doi.org/10.3390/en12061126>
- Ismail, I., John, J., Pane, E. A., Maulana, R., Rahman, R. A., Suwandi, A. (2021). Experimental Evaluation for the Feasibility of Test Chamber in The Open-Loop Wind Tunnel. *WSEAS TRANSACTIONS ON FLUID MECHANICS*, 16, 120–126. doi: <https://doi.org/10.37394/232013.2021.16.12>
- Stryczek, J., Bednarczyk, S., Codina, E., Gamez-Montero, P. J., Ivanovic, L., Matejic, M. (2019). Gears or rotors - three approaches to design of working units of hydraulic machines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 659 (1), 012006. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/659/1/012006>
- Devendran, R. S., Vacca, A. (2017). Theoretical analysis for variable delivery flow external gear machines based on asymmetric gears. *Mechanism and Machine Theory*, 108, 123–141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2016.10.001>

24. VDI 2221 Blatt 2. Design of technical products and systems – Configuration of individual product design processes (2019). Engl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung.
25. Jaluria, Y. (2019). Design and Optimization of Thermal Systems. CRC Press, 614. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429085789>
26. Rahman, R. A., Suwandi, A., Nurtanto, M. (2021). Experimental investigation on the effect of thermophysical properties of a heat transfer fluid on pumping performance for a convective heat transfer system. *Journal of Thermal Engineering*, 7 (7), 1628–1639. doi: <https://doi.org/10.18186/thermal.1025910>
27. Robison, A., Vacca, A. (2018). Multi-objective optimization of circular-toothed gerotors for kinematics and wear by genetic algorithm. *Mechanism and Machine Theory*, 128, 150–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2018.05.011>
28. De Martin, A., Jacazio, G., Sorli, M. (2019). Optimization of Gerotor Pumps with Asymmetric Profiles through an Evolutionary Strategy Algorithm. *Machines*, 7 (1), 17. doi: <https://doi.org/10.3390/machines7010017>
29. Baquedano, C., García-Gil, A., Marazuela, M. Á., Carnicer, A. M., Aguilera, H., Santamarta, J. C., Mejías Fernández, A. (2022). The efficiency loss in groundwater heat pump systems triggered by thermal recycling. *Renewable Energy*, 200, 1458–1468. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.10.096>
30. Inkeri, E., Tynjälä, T., Nikku, M. (2022). Numerical modeling of latent heat thermal energy storage integrated with heat pump for domestic hot water production. *Applied Thermal Engineering*, 214, 118819. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118819>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273607****ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛОТИ КОНДЕНСАЦІЇ ПРИ СПІЛЬНІЙ ДІЇ ПРИРОДНОЇ КОНВЕКЦІЇ ТА РАДІАЦІЙНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ (с. 6–21)****Alexandr Tsoy, Alexandr Granovskiy, Baurzhan Nurakhmetov, Dmitriy Koretskiy, Diana Tsoy-Davis, Nikita Veselskiy**

У роботі досліджуються теплообмінні характеристики конденсатора, у якому відведення тепла конденсації холодоагенту проводиться за рахунок природної конвекції та радіаційного охолодження. Теплообмінник призначений для зниження витрат енергії на відведення теплоти конденсації. На відміну від традиційних конденсаторів повітряного охолодження, у ньому використовується радіаційне охолодження – спосіб відведення теплоти, заснований на її передачі у вигляді інфрачервоного випромінювання через атмосферу планети в навколишній космічний простір. Розроблено метод розрахунку товщини випромінюючої пластини. Для мінімізації матеріаломісткості та вартості міжтрубна відстань зменшена до 40 мм, а товщина випромінюючої пластини з алюмінію до 0.32 мм. Внутрішній діаметр каналів для холодоагенту дорівнює 1 мм.

Для експериментального дослідження конденсатора розроблено експериментальний стенд, що працює на холодоагенті R134a. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження теплообміну. Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, наведений до площі випромінюючої поверхні, становив від  $10.3 \pm 1.36$  до  $18.7 \pm 2.47$  Вт·м<sup>-2</sup>·°C<sup>-1</sup>, коли температура конденсації була на 12.8...21.9 °C вище за температуру атмосферного повітря. Показано працездатність конденсатора як у денний, так і в нічний час, за наявності опадів у вигляді дощу та снігу, при високому рівні хмарності.

Матеріаломісткість та заправка холодоагенту в конденсатора зіставні з характеристиками конденсаторів повітряного охолодження з примусовою циркуляцією повітря. При цьому він не споживає електроенергії. Його можна використовувати в стаціонарних холодильних системах (у центрах обробки даних, торговому холодильному устаткуванні, кондиціонерах), для підвищення їхньої енергетичної ефективності.

**Ключові слова:** радіаційне охолодження, холодильна машина, конденсатор, природна циркуляція повітря, енергоефективність.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274199****РОЗРОБКА ВИХРОВОГО ВІТРОВОГО ПРИЛАДУ (с. 22–29)****Marat Koshumbaev, Sultanbek Issenov, Ruslan Iskakov, Yuliya Bulatbayeva**

Актуальність дослідження пов'язана з розробкою нового виду відновлюваного джерела енергії – вихрового вітрового апарату з вертикальною віссю обертання без механізмів вітронаведення. Основною метою дослідження є розробка вихрового вітрогенератора з використанням математичного моделювання вихрового руху та проведення лабораторних експериментів на моделі. Об'єктом дослідження є вихровий вітроагрегат, що складається з концентратора з криволінійними каналами, всередині якого встановлено вітроколесо, і вертикальної труби, встановленої на концентраторі.

Розрахунки базуються на методі моделювання великих вихорів з розв'язком усереднених рівнянь Нав'є-Стокса. В результаті проведених досліджень отримано розподіл швидкостей в концентраторі, всередині конструкції та нагнітальній трубі. Обчислювальний експеримент показує, що звужувані канали концентратора створюють стійкий вихровий рух всередині конструкції та вертикальної труби. Використані методи розрахунку турбулентних течій дозволяють досліджувати аеродинамічні процеси в вітроустановках з вихровим ефектом. Відсутність поворотного механізму знижує ризики поломки обертових елементів через їх відсутність. Концентратор сприймає потік вітру з будь-якого боку і створює всередині себе вихровий рух за рахунок вигнутих каналів. Вихідні отвори криволінійних каналів спрямовані до лопатей вітроколеса, що збільшує максимальну передачу енергії вітрового потоку до лопатей вітроколеса. Вихровий рух всередині концентратора створює рівномірне обертання вітроколеса. Додатковим важливим моментом є відведення потоку відпрацьованого повітря від вихрового вітрового пристрою. Існуючі вітроелектростанції мають механізми вітронаведення, що ускладнює конструкцію, тому що не створюється стабільний режим обертання вітроколеса. Всі ці проблеми роботи станцій можна вирішити за допомогою вихрового вітряного пристрою.

**Ключові слова:** закрутка потоку, сталий вихровий рух, вертикальна тяга, викид відпрацьованого повітря, підвищена пропускна здатність.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272674****УДОСКОНАЛЕНА КОНСТРУКЦІЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ГЕРОТОРНОГО МІНІ-НАСОСА У ТЕПЛОВІЙ СИСТЕМІ З ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИМИ ТА В'ЯЗКИМИ ТЕПЛОНОСІЯМИ (с. 30–39)****Dede Lia Zariatin, Agri Suwandi**

У дослідженні детально описана розробка малогабаритного теплового героторного насоса з удосконаленою конструкцією для теплоносіїв з високою температурою та в'язкістю. Конструкція малогабаритного насоса призначена для задоволення потреб модульних компонентів для промисловості та досліджень, особливо для малогабаритних систем теплопередачі, таких як системи опалення житлових приміщень. Для створення вдосконаленого героторного насоса з внутрішнім резервуаром, який може створювати додатковий тиск та мінімізувати коефіцієнт ковзання, тим самим підвищуючи його об'ємний ККД, був використаний метод VDI 2221. Розроблений малогабаритний насос виконаний з використанням обґрунтованої конструкції, для якої потрібна

менша кількість компонентів, ніж для звичайного теплового насоса. Це дозволяє знизити обсяг технічного обслуговування насоса та його компонентів. Експериментальні випробування проводилися з використанням випробувальної установки, оснащеної нагрівачем, системою управління з використанням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), клапанами, датчиками тиску і температури. При випробуванні пристрою використовувалися прилади для контролю витрати і частоти обертання насоса, а також для контролю температури робочої рідини. Результати експерименту показують, що вдосконалений героторний насос здатний подавати рідину з в'язкістю 307 мПа·с і температурою до 230 °С. Розташування компонентів зводить до мінімуму коефіцієнт ковзання, який є основною проблемою об'ємних насосів. Максимальний коефіцієнт ковзання вдосконаленої конструкції героторного насоса становить 0,095. Об'ємний ККД знаходився в діапазоні 0,803–0,905 при частоті обертання насоса 2100 об/хв і температурі 230 °С. Результати експерименту та аналізу показують, що насос може бути реалізований для реального застосування в тепловій системі, для досліджень та промисловості.

**Ключові слова:** геротор, коефіцієнт ковзання, малогабаритний, теплова система, троходний насос, VDI 2221.